

JOSÉ CELSO SÃO JOÃO

**Estudo dos Métodos de Wisconsin e do Calibrador
para a Determinação da Sensibilidade
de Níveis de Precisão**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-
Graduação em Ciências Geodésicas para
obtenção do Grau de Mestre em Ciências
pela Universidade Federal do Paraná.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
1980

ESTUDO DOS MÉTODOS DE WISCONSIN E DO CALIBRADOR
PARA A DETERMINAÇÃO DA SENSIBILIDADE DE NÍVEIS DE PRECISÃO

DISSERTAÇÃO

Apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Ciências
Geodésicas para obtenção do Grau de Mestre em
Ciências pela Universidade Federal do Paraná

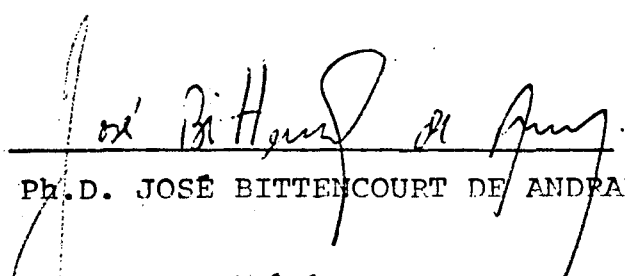
por

JOSÉ CELSO SÃO JOÃO, Licenciado em Matemática

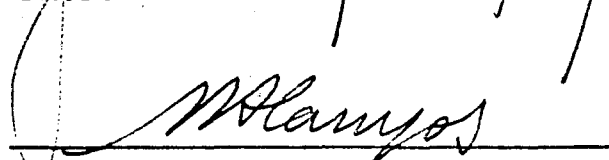
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

1980

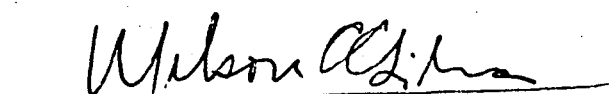
BANCA EXAMINADORA:



Ph.D. JOSÉ BITTENCOURT DE ANDRADE - Orientador



M.Sc. MILTON DE AZEVEDO CAMPOS



M.Sc. WILSON CUSTÓDIO CANESIN SILVA

AGRADECIMENTOS

O autor deseja externar seu profundo agradecimento:

- aos professores Fernando Hatschbach, Camil Gemael e José Bittencourt de Andrade, pelo apoio e orientação dados no decorrer deste trabalho;
- aos meus pais Atílio e Anunciata Sangion, pelo apoio moral e financeiro dados desde o início dos estudos;
- à minha esposa Sônia Regina, pelo incentivo e colaboração;
- à Srta. Ediclêa Walter, pelo auxílio prestado nas correções e datilografia;
- ao professor Siegfried Max Carlos Hassler, pela construção do calibrador;
- à CAPES, pela bolsa de estudo fornecida durante a obtenção dos créditos; e
- aos amigos que de alguma forma contribuíram para a execução deste trabalho.

À minha esposa Sônia Regina
dedico este trabalho.

SINOPSE

Dentre os muitos fatores que levam um instrumento a ser caracterizado como de precisão, estão as pequenas correções inerentes à sua utilização.

Tal aspecto contribuiu para que esta dissertação fosse dedicada às calibrações de níveis de precisão, com o objetivo de minimizar os erros de nivelamento dos instrumentos de observações astronômicas.

Como no Brasil, pelo que foi possível pesquisar, só se utiliza o método de Wisconsin para tais calibrações, o autor se propôs a estudá-lo juntamente com o método do calibrador, visando a análise principalmente dos resultados, da precisão e do tempo despendido pelo usuário de cada método.

Para que o presente trabalho se tornasse possível, foi necessário inicialmente construir um calibrador. A construção deste instrumento foi conseguida graças à colaboração prestada pelo Departamento de Mecânica da Universidade Federal do Paraná.

O calibrador, cuja construção e manuseio são relativamente simples, mostrou-se bastante eficaz, pois proporcionou o mesmo resultado que o método de Wisconsin, com precisão um pouco superior, num tempo muito menor.

ABSTRACT

Among the many factors which raise an instrument to a high level of accuracy, there are the small corrections which are required in its utilization.

This aspect contributed to the dedication of this dissertation to the calibration of precise levels, in order to minimize the errors of levelling of astronomical instruments.

As far as it has been possible to determine, the Wisconsin method is the only one that has been used in Brazil for such calibrations, and thus the author proposes to study it in conjunction with the 'trier' method. An analysis will be made of the precision and the time expended in the use of each method.

The valuable cooperation of the Department of Mechanical Engineering was received, in the construction of the 'trier' that was necessary for this work. This 'trier' was relatively simple in construction and manipulation, but it proved to be effective enough, providing the same result as the Wisconsin method, with a slightly superior precision in a much shorter time.

SUMÁRIO

	Página
Título	ii
Agradecimentos	iii
Dedicatória	iv
Sinopse.	v
Abstract	vi
Sumário.	vii
Introdução	01

CAPÍTULO 1

MÉTODO DE WISCONSIN

1.1	Conceituação teórica	03
1.2	Procedimentos práticos	06
1.2.1	Retificação do nível suspenso.	06
1.2.2	Paralelismo do nível em relação a dois para- fusos calantes	06
1.2.3	Ajuste do comprimento da bolha	07
1.2.4	Introdução do ângulo de inclinação i	07
1.2.5	Introdução dos ângulos horizontais	08
1.2.6	Quanto ao número de observações	10
1.2.7	Resumos dos procedimentos práticos	10
1.3	Desenvolvimento analítico numérico	12
1.3.1	Ajustamento de observações	12
1.3.2	Manuseio dos dados de campo.	15
1.3.2.1	Leituras do círculo vertical	15

	Página
1.3.2.2	Leituras do círculo horizontal 16
1.3.2.3	Movimento da bolha 17
1.3.2.4	Centro da bolha e correção da deriva 17
1.3.3	Cálculo da sensibilidade média 18
1.3.4	Cálculo do erro médio quadrático da média. . . 18
1.3.5	Cálculo do erro médio quadrático de um grupo isolado 19
1.4	Critério para rejeição das observações . . . 19
1.4.1	Limite de tolerância para o erro médio qua- drático da média 19
1.4.2	Limite de tolerância para o erro médio qua- drático de um grupo isolado. 19
1.4.3	Limite de tolerância para os resíduos. 19
1.5	Exemplo completo de uma determinação da sen- sibilidade d 21

CAPÍTULO 2

MÉTODO DO CALIBRADOR

2.1	Princípio de construção. 27
2.2	Conceituação teórica. 30
2.3	Procedimentos práticos 31
2.3.1	Retificação do nível 32
2.3.2	Ajuste do comprimento da bolha 32
2.3.3	Inclinação do calibrador 32
2.3.4	Leituras 32
2.3.5	Incremento às leituras do micrômetro 33
2.3.6	Repetição das operações. 33
2.3.7	Retorno da bolha ao ponto de origem. 33
2.3.8	Complemento dos dados 33

	Página
2.3.9	Inversão na posição do nível 34
2.3.10	Obtenção de novos grupos de dados. 34
2.4	Desenvolvimento analítico numérico 34
2.4.1	Obtenção da fórmula geral para o ajustamento dos dados 34
2.4.2	Manuseio dos dados de campo. 36
2.4.3	Cálculo da sensibilidade média 36
2.4.4	Cálculo do erro médio quadrático da média. . 36
2.4.5	Cálculo do erro médio quadrático de um grupo isolado 36
2.5	Critério para rejeição das observações . . . 36
2.6	Exemplo completo de uma determinação da sen- sibilidade \underline{d} 37

CAPÍTULO 3

ANÁLISE ESTATÍSTICA DAS MÉDIAS

3.1	Quadro dos resultados 42
3.2	Teste de hipótese da igualdade entre as médias 43
3.3.	Aplicação do teste de hipótese de igualdade das médias 43
3.4	Conclusão da análise das médias. 44
3.5	Teste de hipótese da igualdade entre as va- riâncias 45
3.6	Aplicação do teste de hipótese da igualdade das variâncias 45
3.7	Conclusão da análise das variâncias. 46

CAPÍTULO 4

COMPARAÇÃO DOS MÉTODOS QUANTO AOS CRITÉRIOS OPERACIONAIS

	Página
4.1	Tempo despendido nas observações 47
4.2	Coincidência de traços dos nônios. 48
4.3	Comodidade do operador. 48
4.4	Variação da temperatura. 48

CAPÍTULO 5

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

5.1	Conclusões 50
5.2	Recomendações. 50

APÊNDICE A

Resultados das determinações pelo método de Wisconsin	52
Resultados das determinações pelo método do calibrador	58

APÊNDICE B

Gráficos

Gráficos das sensibilidades em função da temperatura	64
--	----

APÊNDICE C

Programas Fortran utilizados	67
--	----

NOTAS DE REFERÊNCIAS	73
--------------------------------	----

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.	74
-------------------------------------	----

INTRODUÇÃO

As observações astronômicas de 2^a ordem requerem instrumentos com precisão aproximada de 1". Tais instrumentos possuem níveis, os quais devem ser retificados (caso necessário) antes das observações. Satisfeita essa condição, nivela-se o instrumento e consideram-se os eixos vertical e horizontal coincidentes, respectivamente, com a vertical do lugar e o plano do horizonte, desprezando-se os erros devidos às imperfeições do nivelamento.

Para observações de 1^a ordem o procedimento não satisfaz, uma vez que os erros naquele caso desprezados o serão neste calculados. Os instrumentos utilizados para essa precisão, além de possuírem condições de leituras de ângulo até o décimo do segundo, devem ter seus níveis calibrados, ao invés de retificados.

A calibração de um nível permite que se determine sua sensibilidade, a qual será utilizada para corrigir as imperfeições do nivelamento do instrumento. Essa correção é calculada efetuando-se o produto do valor da sensibilidade (em segundos de arco por divisão do nível) pelo número de unidades que a bolha do nível se deslocar.

As calibrações dos níveis dos instrumentos de precisão, como o teodolito Wild T-4, devem ser efetuadas periodicamente.

Existem vários desses teodolitos sendo utilizados em importantes trabalhos astronômicos e geodésicos, como por exem-

plo, determinações de pontos de Laplace. Levando-se em consideração que nenhum estudo especial a respeito do assunto foi encontrado na bibliografia brasileira consultada, o autor se propõe a fazê-lo, com o objetivo de fornecer subsídios para uma rápida e segura calibração dos níveis desses instrumentos.

Pretende-se, neste trabalho, descrever os princípios teóricos e fornecer exemplos práticos de dois métodos de calibração de níveis: o de Wisconsin e o do Calibrador.

Foram efetuadas determinações da sensibilidade de um mesmo nível, pelos dois métodos, com o objetivo de se comparar os resultados e a precisão obtidos em cada processo. Foram também considerados o tempo despendido (pelo observador) e principais dificuldades encontradas em cada método.

CAPÍTULO 1

O nível é colocado paralelo à linha \overline{BE} , determinada por dois dos três parafusos calantes que determinam o plano horizontal EBD, sendo então zerado o limbo do círculo horizontal. A linha \overline{OD} , que une o centro da esfera ao terceiro parafuso calante, por construção do instrumento, forma 90° com a linha \overline{BE} , ou seja, \overline{OD} forma com \overline{BE} o ângulo $A_1 = 90^\circ$.

Nivela-se cuidadosamente o teodolito. Gira-se o terceiro parafuso calante (D) de forma que o plano EBD gire em torno da linha \overline{EB} , de um ângulo i . Os arcos de circunferências máximas BC, BD e CD formam o triângulo bi-retângulo BCD.

Utilizando o parafuso micrométrico do movimento horizontal, gira-se a alidade de um ângulo A_2 , cujo valor é previamente escolhido, obtendo-se o triângulo esférico BC'D'. Este triângulo, além de retângulo, possui o lado A_2 conhecido, o que permite calcular o lado C'D' = b (conforme será mostrado adiante), que representa a inclinação da reta OC' em relação ao plano do horizonte.

Efetuada-se as leituras dos extremos da bolha do nível antes e após o giro horizontal da luneta (A_2), pode-se avaliar seu deslocamento em divisões do nível. Sabendo-se qual foi o deslocamento da bolha para a inclinação (b) calculada, tem-se a sensibilidade "d" do nível naquela região. Portanto, a sensibilidade \underline{d} do nível, na região do deslocamento da bolha, será dada em unidades angulares por divisão do nível, pela expressão:

$$d = \frac{b}{\text{desloc. da bolha}} \quad (1.1.1)$$

O valor de b pode ser obtido do triângulo BC'D'. Na figura 1-b vê-se que $CD = i = \text{ângulo B}$. O triângulo BC'D' é reto em D'. Aplicando a analogia dos senos $|\sin|$, obtêm-se:

$$\text{sen}b = \text{sen}A_2 \cdot \text{sen}B$$

mas

$$B = i$$

$$\text{sen}b = \text{sen}A_2 \cdot \text{sen}i \quad (1.1.2)$$

Como o ângulo A_2 deve ser pequeno, da ordem de 30' no máximo, a inclinação b , para pequenos valores de i , também o será. Assim sendo, a fórmula acima poderá ser simplificada:

$$b = A_2 \cdot \text{sen}i \quad (1.1.3)$$

A unidade de A_2 adotada foi o segundo, logo, b terá a mesma unidade, e conseqüentemente, a sensibilidade d do nível terá como unidade: segundo de arco/divisão do nível.

Substituindo a (1.1.3) na (1.1.1) obtém-se:

$$d = \frac{A_2 \cdot \text{sen}i}{\text{desl. da bolha}} \text{ (\"/div)} \quad (1.1.4)$$

onde d representa a sensibilidade do nível na região do qual a bolha se deslocou.

Em termos práticos, como será mostrado adiante, as leituras dos ângulos horizontais (A_2) são feitas em minutos inteiros; daí a conveniência da seguinte modificação na (1.1.4):

$d = \frac{60 \cdot A_2 \cdot \text{sen}i}{\text{desl. da bolha}} \text{ (\"/div)}$	(1.1.5)
---	---------

1.2 PROCEDIMENTOS PRÁTICOS

1.2.1 RETIFICAÇÕES DO NÍVEL SUSPENSO |⁰²|

O nível suspenso é utilizado para medir a inclinação do eixo vertical do instrumento. Se o plano vertical que passa pelo eixo horizontal do instrumento não estiver paralelo ao eixo do nível suspenso, então existe movimento lateral da bolha (wind) e o nível não indicará a verdadeira inclinação do eixo vertical.

Para verificar se existe ou não movimento lateral, deve-se passar um cordão na parte central do tubo do nível e suspendê-lo cuidadosamente de 7 a 10cm. Se a bolha se mover menos de três divisões do nível, considera-se inexistente o referido efeito. Em caso contrário, deve-se retificar o nível, utilizando o par de parafusos laterais da extremidade do mesmo, onde está localizada a graduação 90. Executada essa etapa, deve-se centralizar a bolha (centro da bolha na divisão 50 do nível), atuando sobre os parafusos superior e inferior existentes na mesma extremidade do nível.

A utilização dos pares de parafusos mencionados deve ser concomitante, ou seja, afrouxa-se um dos parafusos e aperta-se o outro simultaneamente, a fim de que não haja qualquer tipo de deformação sobre o nível.

1.2.2 PARALELISMO DO NÍVEL EM RELAÇÃO A DOIS PARAFUSOS CALANTES

Obtém-se o paralelismo do nível em relação a dois parafusos calantes, em duas etapas:

1^a) nivela-se o instrumento e gira-se a luneta hori-

zontalmente até que o nível fique aproximadamente paralelo a dois parafusos calantes quaisquer. Zera-se o limbo horizontal através do parafuso reiterador.

2ª) Lê-se a posição das extremidades da bolha. Gira-se o terceiro parafuso calante de uma quantidade qualquer e efetuam-se novas leituras das extremidades da bolha para verificar se houve movimento. Em caso afirmativo, incrementa-se o ângulo horizontal, através do parafuso do movimento micrométrico horizontal, até que a bolha volte ao local primitivo. Lêem-se novamente as extremidades da bolha, move-se o terceiro parafuso calante e verifica-se se houve ou não movimento da bolha. Repete-se esta operação até que ao se girar o terceiro parafuso de qualquer quantidade, a bolha permaneça imóvel. Quando isso ocorrer, o nível estará rigorosamente paralelo aos dois parafusos calantes. Novamente, utilizando o parafuso reiterador, introduz-se o ângulo $0^{\circ} 0' 0''$ no círculo horizontal, agora de modo definitivo.

1.2.3 AJUSTE DO COMPRIMENTO DA BOLHA

Muitos níveis de precisão, como o suspenso, de Horrebow e o nível do círculo vertical (bolha bipartida) do T-4 possuem condições de ajuste do comprimento da bolha.

Antes de se iniciar uma observação astronômica ou uma calibração, deve-se ajustar as respectivas bolhas dos níveis aos comprimentos desejados.

1.2.4 INTRODUÇÃO DO ÂNGULO DE INCLINAÇÃO i :

Estando o teodolito nivelado, o círculo horizontal zerado e o nível paralelo a dois parafusos calantes, efetuam-se

as leituras do círculo vertical, da bolha bipartida e das extremidades da bolha do nível em estudo. Para facilidades posteriores, é aconselhável que se cale a bolha bipartida da melhor forma possível e que seja introduzido através do parafuso reiterador do círculo vertical (quando existir), o ângulo $0^{\circ} 0' 0''$. Toma-se tal precaução apenas no início das observações, já que posteriormente o parafuso reiterador não será mais manipulado. Também a calagem da bolha bipartida poderá ser feita com aproximações, desde que se efetue a leitura da escala da mesma, para ulterior correção da leitura do círculo vertical (CV). Introduz-se, no círculo vertical, o valor de aproximadamente 1 grau, através do parafuso de calagem da bolha bipartida e gira-se o 3º parafuso calante até que a mesma esteja suficientemente próxima da calagem a ponto de permitir a leitura de sua escala. Anotam-se as leituras do círculo vertical e da escala da bolha bipartida.

Leituras idênticas do CV e da escala da bolha bipartida deverão ser efetuadas após realizados os procedimentos do item (1.2.5). As últimas leituras do CV terão resultados bem próximos das primeiras e a média aritmética entre elas fornecerá o valor do CV para o instrumento inclinado.

O ângulo de inclinação i é obtido pela diferença entre as leituras do CV nivelado e inclinado.

Quando se diz fazer média aritmética ou diferença entre as leituras do CV, estas já devem estar corrigidas das leituras da escala da bolha bipartida, conforme será mostrado no item (1.3.2.1).

1.2.5 INTRODUÇÃO DOS ÂNGULOS HORIZONTAIS (A_2)

Após executadas as operações dos itens (1.2.1) ao

(1.2.4), aciona-se o parafuso micrométrico do movimento horizontal até que uma das extremidades da bolha do nível suspenso (ou similar) atinja as proximidades de um dos extremos do nível (divisão 10 à direita ou 90 à esquerda).

Se o nível estiver bem retificado, para o comprimento da bolha de 50 divisões, esta atingirá a extremidade do nível quando se introduzir, no círculo horizontal (CH), o ângulo $0^{\circ} 16'$ ou $359^{\circ} 44'$. Estes valores podem ser calculados por:

$$(\text{compr. do nível} - \text{compr. da bolha})/2$$

Decorrido determinado tempo, que a experiência mostrou ser próximo de dois minutos, e constatada a imobilidade da bolha, efetuam-se as leituras das extremidades esquerda e direita desta, anotando-se seus valores bem como a leitura do círculo horizontal. As leituras do nível podem ser feitas a olho nu e por estimativa, sem que o erro ultrapasse um décimo da divisão do nível.

Através do movimento do parafuso micrométrico do CH, modifica-se o ângulo horizontal de dois minutos exatos, aguardam-se aproximadamente dois minutos até que a bolha se imobilize. Lêem-se os valores das extremidades da bolha, a temperatura e a hora. Este procedimento é repetido até que a bolha atinja a outra extremidade do nível, onde ter-se-á, para valor da leitura do CH, aproximadamente $359^{\circ} 44'$ ou $0^{\circ} 16'$.

Feitas as últimas leituras, utiliza-se o parafuso micrométrico para recolocar no CH o valor inicial, ou seja, $0^{\circ} 16'$ ou $359^{\circ} 44'$. Aguarda-se a imobilidade da bolha e efetuam-se as leituras de suas extremidades. Este procedimento indicará a existência ou não de deriva (drift) do eixo vertical durante o tempo despendido na calibração.

Reconduz-se a bolha para o extremo do nível onde terminou o primeiro conjunto de observações, ou seja, o CH marcando $0^{\circ} 16'$ ou $359^{\circ} 44'$ e iniciam-se as observações de um novo conjunto, onde a bolha se movimenta em sentido contrário ao do primeiro, mas com os mesmos procedimentos, inclusive com observação da deriva e sem tocar no nível.

O último passo será introduzir o valor $0^{\circ} 0' 0''$ no CH, girando o parafuso micrométrico do mesmo, e ler o CV e seu nível.

1.2.6 QUANTO AO NÚMERO DE OBSERVAÇÕES

Concluídas as fases dos tópicos 1.2.1, 1.2.2 e 1.2.3, ficam completos os dados para a determinação de dois conjuntos ou um grupo de observações.

Com procedimentos análogos ao exposto, para a obtenção do primeiro grupo, efetuam-se observações para mais dois grupos, sendo necessário novo nivelamento do instrumento a cada novo grupo e variando o ângulo i de grupo para grupo. Para o teodolito Wild T-4, esta variação pode ser de 2 ou 3' $|^{\circ 3}|$.

1.2.7 RESUMO DOS PROCEDIMENTOS PRÁTICOS

- a) Nivela-se o teodolito;
- b) coloca-se o nível paralelo à linha formada por dois parafusos calantes e zera-se o CH;
- c) estando o CH em $0^{\circ} 0' 0''$, lê-se o círculo vertical e a escala do seu nível;
- d) utilizando o parafuso de calagem da bolha do CV, introduz-se, no limbo do mesmo, o primeiro valor desejado para o ângulo de inclinação (p. ex. 1°). Gira-se o terceiro parafuso calante até que a bolha do CV (bipartida) esteja próxima da ca-

lagem. Efetua-se sua leitura;

e) aciona-se o parafuso micrométrico do CH até que a bolha atinja uma das extremidades do nível em estudo (p. ex. graduação 90 à esquerda do nível suspenso);

f) anotam-se os valores do CH, a hora, a temperatura e lêem-se as extremidades esquerda e direita da bolha.

g) modifica-se o valor do CH de exatamente 2' de forma que a bolha do nível mova-se em sentido contrário ao do item e (em direção à graduação 10 do nível, ou seja, para a direita);

h) repetem-se os passos dos itens f e g até que a bolha do nível atinja a outra extremidade (graduação 10);

i) aciona-se o parafuso micrométrico do CH até que seu limbo esteja com leitura idêntica à inicial, automaticamente a bolha do nível retornará às imediações da extremidade original (graduação 90). Efetuam-se as leituras como no item f.

Este procedimento permitirá o cálculo da deriva(drift) do primeiro conjunto.

j) Novamente utilizando o parafuso micrométrico do CH, conduz-se a bolha para as cercanias da extremidade oposta do item e (graduação 10). Inicia-se a volta da bolha paulatinamente, efetuando as leituras do CH, hora, temperatura e extremidades da bolha e incrementando o CH de 2', aguardando a estabilização da bolha e efetuando novas leituras até que esta atinja a outra extremidade (graduação 90). Feito isto, introduz-se, no CH, o mesmo valor que o inicial com o qual a bolha também ficará próxima da posição inicial. Com as leituras do último movimento pode-se determinar a deriva;

l) sempre acionando o parafuso micrométrico do CH, introduz-se o valor $0^{\circ} 0' 0''$ em seu limbo e efetuam-se novas leituras do CV e do respectivo nível;

m) repetem-se as operações dos itens a a l, mais duas

vezes e ter-se-á três grupos de observações.

1.3 DESENVOLVIMENTO ANALÍTICO NUMÉRICO

1.3.1 AJUSTAMENTO DAS OBSERVAÇÕES

A fórmula (1.1.5), como foi visto, determina a sensibilidade do nível na região do mesmo onde a bolha se deslocou. Como o método exige que a bolha se desloque de uma extremidade à outra do nível, obtêm-se várias determinações da sensibilidade. Supondo um raio de curvatura constante para o tubo do nível, as determinações poderão ser ajustadas pelo método dos Mínimos Quadrados, conforme será mostrado a seguir |⁰⁴|.

Reescrevendo a (1.1.5):

$$d = \frac{60 \text{ seni. } A}{\text{desl. da bolha}} ("/\text{div})$$

fazendo, $k = 60 \text{ seni}$

$$A' = x$$

y = deslocamento da bolha, tem-se

$$d = \frac{kx}{y} \quad \text{ou} \quad y = \frac{kx}{d}$$

fazendo ainda $d' = \frac{1}{d}$ obtém-se

$$kxd' - y = 0$$

que é a equação de uma reta que passa pela origem do sistema de coordenadas. A equação das retas paralelas àquela, pode ser escrita como:

$$c + kx d' - y = 0$$

(1.3.1)

Nesta equação as incógnitas são \underline{c}^* e \underline{d}' , que serão determinadas em função das introduções dos valores de x no limbo horizontal do instrumento, das respectivas leituras das extremidades da bolha do nível e do ângulo i de inclinação.

Considerando-se os erros acidentais inerentes às observações, obtêm-se o seguinte sistema de equações de observação:

$$\begin{array}{rcl} c + kx_1 d' - y_1 & = & v_1 \\ c + kx_2 d' - y_2 & = & v_2 \\ - & - & - \\ c + kx_n d' - y_n & = & v_n \end{array} \quad (1.3.2)$$

sendo $v_1, v_2 \dots v_n$ os resíduos.

Para se obter os valores compensados das incógnitas das equações de observação, deve-se impor que:

$$R = [pvv] = \text{mínimo} \quad (1.3.3)$$

onde $[]$ está indicando o somatório de pvv ;

p representa os pesos das observações. Nas experiências, todas as observações são realizadas nas mesmas condições e portanto será adotado o peso 1 para todas elas.

Aplicando a condição (1.3.3) às equações (1.3.2) obtêm-se:

$$R = |vv| = (c+kx_1 d' - y_1)^2 + (c+kx_2 d' - y_2)^2 + \dots + (c+kx_n d' - y_n)^2 = \min$$

As derivadas parciais de R em relação às incógnitas de-

* \underline{c} representa o centro do nível e seu cálculo foi omitido por não ser necessário neste trabalho.

verão ser nulas:

$$\frac{\partial R}{\partial d'} = \frac{\partial R}{\partial c} = 0$$

$$\frac{\partial R}{\partial d'} = 2kx_1(c+kx_1d'-y_1) + 2kx_2(c+kx_2d'-y_2) + \dots + 2kx_n(c+kx_nd'-y_n) = 0$$

Simplificando o termo constante $2k$ e desenvolvendo os produtos indicados, obtém-se

$$\frac{\partial R}{\partial d'} = cx_1 + kx_1x_1d' - x_1y_1 + cx_2 + kx_2x_2d' - x_2y_2 + \dots + cx_n + kx_nx_nd' - x_ny_n = 0$$

a qual pode ser resumida:

$$\boxed{c [x] + kd' [xx] - [xy] = 0} \quad (1.3.4)$$

que é a primeira das equações normais.

$$\frac{\partial R}{\partial c} = (c+kx_1d'-y_1) + (c+kx_2d'-y_2) + \dots + (c+kx_nd'-y_n) = 0$$

$$\boxed{nc + kd' [x] - [y] = 0} \quad (1.3.5)$$

que é a segunda das equações normais.

Da (1.3.5) obtém-se:

$$c = \frac{[y] - kd' [x]}{n}$$

que substituindo na (1.3.4) e efetuando as manipulações algébricas:

$$d' = \frac{n[xy] - [x][y]}{k(n[xx] - [x]^2)}$$

Mas,

$$d' = \frac{1}{d} \quad \text{e} \quad k = 60 \text{ seni}$$

logo,

$$d = \frac{[xx] - \frac{[x]^2}{n}}{[xy] - \frac{[x][y]}{n}} \cdot 60 \text{seni} \text{ "/div} \quad (1.3.6)$$

onde:

d = sensibilidade do nível dado em segundos de arco por divisão do nível;

x = leitura do círculo horizontal em minutos de arco

y = leitura do centro da bolha, corrigida deriva(1.3.2.4).

Se as leituras do círculo horizontal formarem um conjunto de números simétricos, o termo $[x]$ da (1.3.6) será nulo e a equação reduz-se a:

$$d = \frac{[xx] \cdot 60 \text{seni}}{[xy]} \text{ "/div} \quad (1.3.7)$$

1.3.2 MANUSEIO DOS DADOS DE CAMPO PARA APLICAÇÃO NA FÓRMULA (1.3.6) OU (1.3.7)

1.3.2.1 LEITURAS DO CÍRCULO VERTICAL (CV)

Cada dois conjuntos de observações possui um ângulo de inclinação i , determinado a partir das três leituras do CV e das respectivas leituras da bolha bipartida (BB). A primeira leitura é obtida com o instrumento nivelado; a segunda, com o instrumento inclinado e a terceira com o instrumento mantendo a mesma inclinação mas após efetuadas as operações do item (1.2.5).

O procedimento inicial é corrigir estas leituras das do nível do CV. A correção é dada em segundos de arco por $|^{\circ 5}|$:

$$(LE - LD) \cdot D/2$$

onde LE e LD representam respectivamente as leituras à esquerda e à direita da bolha bipartida, e D a sensibilidade desse nível.

Os resultados finais do CV são obtidos pela soma algébrica das leituras iniciais com as correspondentes correções.

De posse dos três valores do CV corrigidos, efetua-se a média aritmética entre o segundo e o terceiro, obtendo-se o valor mais provável para o CV com o instrumento inclinado. A diferença entre a média e o primeiro valor do CV fornece o ângulo de inclinação i .

1.3.2.2 LEITURAS DO CÍRCULO HORIZONTAL (CH = x)

A leitura do CH é feita em graus, minutos e segundos. Entretanto, para a utilização das fórmulas (1.3.6) ou (1.3.7) é necessário que sejam utilizados apenas os minutos. Assim, se as leituras forem $00^{\circ} 16' 00''$, $00^{\circ} 14' 00''$, etc, serão tomados apenas os valores 16', 14', etc. Da mesma forma, se as leituras forem $359^{\circ} 46' 00''$, $359^{\circ} 48' 00''$, etc, serão tomados os valores -14', -12', etc.

Para usar a (1.3.7) é necessário também que a soma algébrica dos x seja nula, ou seja, o conjunto de observações deve ter resultados simétricos. Caso isto não ocorra, deve-se transformá-los para tal condição. Por exemplo, supondo que as observações sejam 16, 14, 12, ... -10, -12, este conjunto passará para 14, 12, 10, ... -10, -12, -14, permanecendo o mesmo número de elementos e sem alterar o resultado. O primeiro elemento do novo conjunto foi calculado pela média aritmética dos módulos dos números extremos do primeiro conjunto.

1.3.2.3 MOVIMENTO DA BOLHA

Conforme mostra o exemplo (1.5), colunas 4, 5, 6, 7 e 8, calcula-se, separadamente, o movimento da bolha através das leituras à esquerda e à direita, subtraindo-se uma da imediatamente anterior. O resultado obtido da leitura à esquerda (LE) não deve diferir do da direita (LD) por mais de dois décimos da divisão do nível. A média aritmética entre os valores do movimento da bolha, obtido pelas leituras das extremidades esquerda e direita, fornecerá o movimento da bolha.

$$\text{mov. da bolha} = \frac{(LE_i - LE_{i+1}) + (LD_i - LD_{i+1})}{2} \text{ div. do nível}$$

onde i representa o número da linha de leitura.

1.3.2.4 CENTRO DA BOLHA E CORREÇÃO DA DERIVA

Os centros da bolha são obtidos pela média aritmética entre cada leitura das extremidades esquerda e direita da mesma. Entretanto, estes não são os valores a serem aplicados à fórmula (1.3.6), pois carecem ainda da correção da deriva do eixo vertical do instrumento, ocorrida durante o tempo despendido nas observações.

A deriva é fornecida pela diferença entre o centro da bolha obtida da primeira observação (c_1) e o centro da mesma obtida da observação de verificação (c_{n+1}). Ambas as observações possuem o mesmo valor de leitura do CH.

Pressupondo que a deriva seja proporcional ao número de observações, cada leitura da bolha terá a correção correspondente ao número da observação. A correção é obtida do quociente da deriva pelo número de observações menos uma. A observação de

verificação é considerada como uma das observações. Portanto, se N representa o número de observações, e θ a correção da deriva, tem-se:

$$\theta = \frac{c_1 - c_{n+1}}{N} = \frac{\text{deriva}}{N}$$

As correções individuais serão fornecidas pelo produto de θ pelo respectivo número da observação ($\theta.i$ com $i=1,2,3,\dots,N$). Estas correções serão adicionadas aos centros da bolha, obtendo-se assim os valores corrigidos da deriva. Estes valores são denominados Y e serão aplicados na (1.3.6) ou (1.3.7).

1.3.3 CÁLCULO DA SENSIBILIDADE MÉDIA

Cada conjunto de observações proporciona a determinação de um valor da sensibilidade. Cada grupo de observações é composto de dois conjuntos. A média aritmética entre as sensibilidades dos dois conjuntos determina a sensibilidade do grupo. A média aritmética entre os valores dos três grupos, fornece a sensibilidade média final do nível.

1.3.4 CÁLCULO DO ERRO MÉDIO QUADRÁTICO DA MÉDIA $|^{06}|$

$$\sigma_{\bar{x}} = \pm \sqrt{\frac{[vv]}{n(n-1)}} \text{ "/div}$$

onde: $\sigma_{\bar{x}}$ = erro médio quadrático da média;

v = resíduos das sensibilidades de cada grupo em relação à média;

n = número de grupos.

1.3.5 CÁLCULO DO ERRO MÉDIO QUADRÁTICO DE UM GRUPO ISOLADO |⁰⁷|

$$\sigma = \sigma_{\bar{x}} \cdot \sqrt{n} \text{ (\"/div)}$$

1.4 CRITÉRIO PARA REJEIÇÃO DAS OBSERVAÇÕES |⁰⁸|

1.4.1 LIMITE DE TOLERÂNCIA PARA O ERRO MÉDIO QUADRÁTICO DA MÉDIA

O EMQ da média não deve exceder a 0,01\" para cada segundo do valor da sensibilidade média do nível. Para o nível suspenso do T-4, tem-se um limite em torno de 0,01\", ou seja, $\sigma_{\bar{x}} \approx 0,01$ \".

1.4.2 LIMITE DE TOLERÂNCIA PARA O ERRO MÉDIO QUADRÁTICO DE UM GRUPO ISOLADO

O referido valor é calculado por:

$$LE = \pm 0,01.d.\sqrt{n}$$

onde: d = sensibilidade do nível (em \"/div);

n = número de grupos.

1.4.3 LIMITE DE TOLERÂNCIA PARA OS RESÍDUOS

a) Os resíduos (v) não devem exceder a 1,5 vezes o valor da tolerância do erro médio quadrático do grupo isolado, isto é,

$$v_i \leq 1,5.LE$$

b) A divisão do maior dos resíduos (v) por $(n+1)$ não deve exceder ao valor da tolerância do EMQ da média

$$\frac{v_{\max}}{n+1} \leq \sigma_{\bar{x}} \leq 0,01''$$

CALIBRACAO DE NIVEL DE PRECISAO - METODO DE WISCONSIN

		NIVEL DO C.V.								C.V. CORRIGIDO							
		LEITURA DO C.V.				ESQ. DIR. E-D (E-D).D											
NIVELADO	= *	0	0	0.00	*	8.40	*	7.20	*	1.20	*	0.83	*	0	0	0.83	*
INCL.LEIT.1	= *	1	0	0.00	*	9.00	*	6.70	*	2.30	*	1.60	*	1	0	1.60	*
INCL.LEIT.2	= *	1	0	0.00	*	8.10	*	7.40	*	0.70	*	0.49	*	1	0	0.49	*
MEDIA DAS LEITURAS 1 E 2 COM O INSTRUMENTO INCLINADO														-----	1	0	1.04
														I =	1	0	0.21

C.H	HORA	TEMP	ESQ	DIR	COMPR	DF.E.	DF.D	DF.M	CENT	CORR.	CTR.COR.	MOV.	S.I.		
14	18.39	20.9	89.5	39.3	50.2	0.0	0.0	0.00	64.40	0.00	64.40	0.00	0.89256		
12	18.40	20.9	87.2	37.0	50.2	2.3	2.3	2.30	62.10	-0.05	62.05	2.35	0.93229		
10	18.41	20.9	85.0	34.8	50.2	2.2	2.2	2.20	59.90	-0.09	59.81	2.25	0.93229		
8	18.42	20.9	82.8	32.6	50.2	2.2	2.2	2.20	57.70	-0.14	57.56	2.25	1.02338		
6	18.43	20.9	80.8	30.6	50.2	2.0	2.0	2.00	55.70	-0.19	55.51	2.05	1.07594		
4	18.44	20.9	78.9	28.7	50.2	1.9	1.9	1.90	53.80	-0.23	53.57	1.95	1.02338		
2	18.45	20.9	76.9	26.7	50.2	2.0	2.0	2.00	51.80	-0.28	51.52	2.05	0.99898		
0	18.46	20.9	74.9	24.6	50.3	2.0	2.1	2.05	49.75	-0.33	49.42	2.10	1.02338		
-2	18.47	20.8	72.9	22.6	50.3	2.0	2.0	2.00	47.75	-0.37	47.38	2.05	0.97571		
-4	18.48	20.8	70.8	20.5	50.3	2.1	2.1	2.10	45.65	-0.42	45.23	2.15	1.07594		
-6	18.49	20.8	68.9	18.6	50.3	1.9	1.9	1.90	43.75	-0.47	43.28	1.95	1.02338		
-8	18.50	20.8	66.9	16.6	50.3	2.0	2.0	2.00	41.75	-0.52	41.23	2.05	1.07594		
-10	18.51	20.8	65.0	14.7	50.3	1.9	1.9	1.90	39.85	-0.56	39.29	1.95	1.07594		
-12	18.52	20.8	63.1	12.8	50.3	1.9	1.9	1.90	37.95	-0.61	37.34	1.95	1.02338		
-14	18.53	20.8	61.1	10.8	50.3	2.0	2.0	2.00	35.95	-0.66	35.29	2.05	1.02338		
-16	18.54	20.8	59.1	8.8	50.3	2.0	2.0	2.00	33.95	-0.70	33.25	2.05	1.01172		
14			90.4	39.9	DRIFT=-0.75										

N=16

DMED =1.01172

* DATA DA EXPERIENCIA 2-10-79 I NUM. 1.1 *

***** SENSIBILIDADE D= 1.01814890 *****

* ERRO MEDIO QUADRATICO NA DET.DE *D*= .0139 *

* COMPR.MEDIO DA BOLHA =50.3 DIVISOES *

* TEMPERATURA MEDIA TM=20.8 GRAUS CENTIGRADOS *

* DURACAO DA DETERM. 15.0 MINUTOS. *

CALIBRACAO DE NIVEL DE PRECISAO - METODO DE WISCONSIN

		NIVEL DO C.V.				NIVEL DO C.V.				E-D		(E-D).D		C.V. CORRIGIDO	
		LEITURA DO C.V.				ESQ.		DIR.							
NIVELADO	= *	0	0	0.00	*	8.40	*	7.20	*	1.20	*	0.83	*	0	0 0.83 *
INCL.LEIT.1	= *	1	0	0.00	*	9.00	*	6.70	*	2.30	*	1.60	*	1	0 1.60 *
INCL.LEIT.2	= *	1	0	0.00	*	8.10	*	7.40	*	0.70	*	0.49	*	1	0 0.49 *
MEDIA DAS LEITURAS 1 E 2 COM O INSTRUMENTO INCLINADO -----														1 0 1.04	

		I = 1 0 0.21												
C.H	HORA	TEMP	ESQ	DIR	COMPR	DF.E.	DF.D	DF.M	CENT	CORR.	CTR.COR.	MOV.	S.I.	
-16	18.55	20.8	59.1	8.8	50.3	0.0	0.0	0.00	33.95	0.00	33.95	0.00	1.03443	
-14	18.56	20.8	61.1	10.8	50.3	2.0	2.0	2.00	35.95	0.02	35.97	2.03	1.08817	
-12	18.57	20.8	63.0	12.7	50.3	1.9	1.9	1.90	37.85	0.05	37.90	1.93	1.08817	
-10	18.58	20.8	64.9	14.6	50.3	1.9	1.9	1.90	39.75	0.07	39.82	1.92	1.03443	
-8	18.59	20.7	66.9	16.6	50.3	2.0	2.0	2.00	41.75	0.10	41.85	2.03	0.98575	
-6	19.00	20.7	69.0	18.7	50.3	2.1	2.1	2.10	43.85	0.12	43.97	2.13	1.08817	
-4	19.01	20.7	70.9	20.6	50.3	1.9	1.9	1.90	45.75	0.15	45.90	1.93	1.06062	
-2	19.02	20.7	72.9	22.5	50.4	2.0	1.9	1.95	47.70	0.17	47.87	1.97	1.03443	
0	19.03	20.7	74.9	24.5	50.4	2.0	2.0	2.00	49.70	0.20	49.90	2.03	0.98575	
2	19.04	20.7	77.0	26.6	50.4	2.1	2.1	2.10	51.80	0.22	52.03	2.13	1.03443	
4	19.05	20.7	79.0	28.6	50.4	2.0	2.0	2.00	53.80	0.25	54.05	2.03	0.94145	
6	19.06	20.7	81.2	30.8	50.4	2.2	2.2	2.20	56.00	0.27	56.27	2.22	1.06062	
8	19.07	20.7	83.2	32.7	50.5	2.0	1.9	1.95	57.95	0.30	58.25	1.97	0.88199	
10	19.08	20.7	85.5	35.1	50.4	2.3	2.4	2.35	60.30	0.32	60.63	2.38	0.96309	
12	19.09	20.7	87.7	37.2	50.5	2.2	2.1	2.15	62.45	0.35	62.80	2.17	0.82960	
14	19.10	20.7	90.2	39.7	50.5	2.5	2.5	2.50	64.95	0.37	65.32	2.53	1.00741	
-16			58.8	8.3	DRIFT= 0.40									
N=16														

DMED =1.00741

* DATA DA EXPERIENCIA 2-10-79 I NUM. 1.2 *

***** SENSIBILIDADE D= 1.01244990 *****

* ERRO MEDIO QUADRATICO NA DET.DE *D*= .0186 *

* COMPR.MEDIO DA BOLHA =50.4 DIVISOES *

* TEMPERATURA MEDIA TM=20.7 GRAUS CENTIGRADOS *

* DURACAO DA DETERM. 15.0 MINUTOS. *

CALIBRACAO DE NIVEL DE PRECISAO - METODO DE WISCONSIN

NIVEL DO C.V.

	LEITURA DO C.V.	ESQ.	DIR.	E-D	(E-D).D	C.V. CORRIGIDO
NIVELADO = *	0 0 0.00 *	8.30 *	7.20 *	1.10 *	0.76 *	0 0 0.76 *
INCL. LEIT. 1 = *	1 2 0.00 *	9.10 *	6.40 *	2.70 *	1.88 *	1 2 1.88 *
INCL. LEIT. 2 = *	1 2 0.00 *	8.90 *	8.70 *	0.20 *	0.14 *	1 2 0.14 *

MEDIA DAS LEITURAS 1 E 2 COM O INSTRUMENTO INCLINADO ----- 1 2 1.01

I = 1 2 0.24

C.H	HORA	TEMP	ESQ	DIR	COMPR	DF.E.	DF.D	DF.M	CENT	CORR.	CTR.COR.	MOV.	S.I.
14	19.39	20.6	91.6	41.0	50.6	0.0	0.0	0.00	66.30	0.00	66.30	0.00	0.88014
12	19.40	20.6	89.2	38.5	50.7	2.4	2.5	2.45	63.85	-0.01	63.84	2.46	0.88014
10	19.41	20.6	86.7	36.1	50.6	2.5	2.4	2.45	61.40	-0.02	61.38	2.46	0.97973
8	19.42	20.6	84.5	33.9	50.6	2.2	2.2	2.20	59.20	-0.03	59.17	2.21	1.02617
6	19.43	20.6	82.4	31.8	50.6	2.1	2.1	2.10	57.10	-0.04	57.06	2.11	0.97973
4	19.44	20.6	80.2	29.6	50.6	2.2	2.2	2.20	54.90	-0.05	54.85	2.21	1.02617
2	19.45	20.6	78.1	27.5	50.6	2.1	2.1	2.10	52.80	-0.06	52.74	2.11	0.97973
0	19.46	20.6	75.9	25.3	50.6	2.2	2.2	2.20	50.60	-0.07	50.53	2.21	1.02617
-2	19.47	20.6	73.8	23.2	50.6	2.1	2.1	2.10	48.50	-0.07	48.43	2.11	1.07724
-4	19.48	20.7	71.8	21.2	50.6	2.0	2.0	2.00	46.50	-0.08	46.42	2.01	1.02617
-6	19.49	20.7	69.7	19.1	50.6	2.1	2.1	2.10	44.40	-0.09	44.31	2.11	1.07724
-8	19.50	20.7	67.7	17.1	50.6	2.0	2.0	2.00	42.40	-0.10	42.30	2.01	0.97973
-10	19.51	20.7	65.5	14.9	50.6	2.2	2.2	2.20	40.20	-0.11	40.09	2.21	1.02617
-12	19.52	20.7	63.4	12.8	50.6	2.1	2.1	2.10	38.10	-0.12	37.98	2.11	1.07724
-14	19.53	20.7	61.4	10.8	50.6	2.0	2.0	2.00	36.10	-0.13	35.97	2.01	0.95805
-16	19.54	20.7	59.2	8.5	50.7	2.2	2.3	2.25	33.85	-0.14	33.71	2.26	0.99999
14			91.8	41.1	DRIFT=-0.15								

N=16

DMED = .99999

 * DATA DA EXPERIENCIA 2-10-79 I NUM. 2.1 *
 ***** SENSIBILIDADE D= 1.00984000 *****
 * ERRO MEDIO QUADRATICO NA DET.DE *D*= .0151 *
 * COMPR.MEDIO DA BOLHA =50.6 DIVISOES *
 * TEMPERATURA MEDIA TM=20.6 GRAUS CENTIGRADOS *
 * DURACAO DA DETERM. 15.0 MINUTOS. *

CALIBRACAO DE NIVEL DE PRECISAO - METODO DE WISCONSIN

		NIVEL DO C.V.		ESQ.		DIR.		E-D		(E-D).D		C.V. CORRIGIDO				
NIVELADO	=	*	0	0	0.00	*	8.30	*	7.20	*	1.10	*	0.76			
INCL.LEIT.1	=	*	1	2	0.00	*	9.10	*	6.40	*	2.70	*	1.88			
INCL.LEIT.2	=	*	1	2	0.00	*	8.90	*	8.70	*	0.20	*	0.14			
MEDIA DAS LEITURAS 1 E 2 COM O INSTRUMENTO INCLINADO -----													1	2	1.01	
													I =	1	2	0.24

C.H	HORA	TEMP	ESQ	DIR	COMPR	DF.E.	DF.D	DF.M	CENT	CORR.	CTR.COR.	MOV.	S.I.
-16	19.54	20.7	59.2	8.5	50.7	0.0	0.0	0.00	33.85	0.00	33.85	0.00	0.96741
-14	19.55	20.7	61.4	10.8	50.6	2.2	2.3	2.25	36.10	-0.01	36.09	2.24	1.08910
-12	19.56	20.7	63.4	12.8	50.6	2.0	2.0	2.00	38.10	-0.03	38.07	1.99	1.03693
-10	19.57	20.7	65.5	14.9	50.6	2.1	2.1	2.10	40.20	-0.04	40.16	2.09	1.06237
-8	19.58	20.7	67.6	16.9	50.7	2.1	2.0	2.05	42.25	-0.05	42.20	2.04	1.03693
-6	19.59	20.7	69.7	19.0	50.7	2.1	2.1	2.10	44.35	-0.06	44.29	2.09	1.03693
-4	20.00	20.7	71.8	21.1	50.7	2.1	2.1	2.10	46.45	-0.08	46.38	2.09	1.03693
-2	20.01	20.7	73.9	23.2	50.7	2.1	2.1	2.10	48.55	-0.09	48.46	2.09	1.08910
0	20.02	20.7	75.9	25.2	50.7	2.0	2.0	2.00	50.55	-0.10	50.45	1.99	0.96741
2	20.03	20.7	78.2	27.4	50.8	2.3	2.2	2.25	52.80	-0.11	52.69	2.24	0.98952
4	20.04	20.7	80.4	29.6	50.8	2.2	2.2	2.20	55.00	-0.13	54.88	2.19	0.94627
6	20.05	20.7	82.7	31.9	50.8	2.3	2.3	2.30	57.30	-0.14	57.16	2.29	1.01267
8	20.06	20.7	84.8	34.1	50.7	2.1	2.2	2.15	59.45	-0.15	59.30	2.14	1.03693
10	20.07	20.7	86.9	36.2	50.7	2.1	2.1	2.10	61.55	-0.16	61.39	2.09	0.88803
12	20.08	20.7	89.4	38.6	50.8	2.5	2.4	2.45	64.00	-0.18	63.82	2.44	0.88803
14	20.09	20.7	91.8	41.1	50.7	2.4	2.5	2.45	66.45	-0.19	66.26	2.44	1.00564

-16 59.4 8.7 DRIFT=-0.20

N=16

DMED =1.00564

* DATA DA EXPERIENCIA 2-10-79 I NUM. 2.2 *

***** SENSIBILIDADE D= 1.01228810 *****

* ERRO MEDIO QUADRATICO NA DET.DE *D*= .0154 *

* COMPR.MEDIO DA BOLHA =50.7 DIVISOES *

* TEMPERATURA MEDIA TM=20.7 GRAUS CENTIGRADOS *

* DURACAO DA DETERM. 15.0 MINUTOS. *

CALIBRACAO DE NIVEL DE PRECISAO - METODO DE WISCONSIN

NIVEL DO C.V.

	LEITURA DO C.V.	ESQ.	DIR.	E-D	(E-D).D	C.V. CORRIGIDO
NIVELADO	= * 0 0 0.00	* 7.60	* 8.00	* -0.40	* -0.28	* 0 0 -0.28
INCL.LEIT.1	= * 1 4 0.00	* 8.30	* 7.10	* 1.20	* 0.83	* 1 4 0.83
INCL.LEIT.2	= * 1 4 0.00	* 7.60	* 8.00	* -0.40	* -0.28	* 1 3 59.72
MEDIA DAS LEITURAS 1 E 2 COM O INSTRUMENTO INCLINADO						1 4 0.28

I = 1 4 0.56

C.H	HORA	TEMP	ESQ	DIR	COMPR	DF.E.	DF.D	DF.M	CENT	CORR.	CTR.COR.	MOV.	S.I.
12	20.35	20.7	89.3	38.5	50.8	0.0	0.0	0.00	63.90	0.00	63.90	0.00	0.90811
10	20.36	20.7	86.8	36.1	50.7	2.5	2.4	2.45	61.45	-0.01	61.44	2.46	1.03420
8	20.37	20.7	84.7	33.9	50.8	2.1	2.2	2.15	59.30	-0.02	59.28	2.16	0.96706
6	20.38	20.7	82.4	31.6	50.8	2.3	2.3	2.30	57.00	-0.03	56.97	2.31	0.96706
4	20.39	20.7	80.1	29.3	50.8	2.3	2.3	2.30	54.70	-0.04	54.66	2.31	1.01081
2	20.40	20.7	77.9	27.1	50.8	2.2	2.2	2.20	52.50	-0.05	52.45	2.21	1.01081
0	20.41	20.8	75.7	24.9	50.8	2.2	2.2	2.20	50.30	-0.06	50.24	2.21	0.96706
-2	20.42	20.8	73.4	22.6	50.8	2.3	2.3	2.30	48.00	-0.08	47.93	2.31	1.01081
-4	20.43	20.8	71.2	20.4	50.8	2.2	2.2	2.20	45.80	-0.09	45.71	2.21	1.01081
-6	20.44	20.8	69.0	18.2	50.8	2.2	2.2	2.20	43.60	-0.10	43.50	2.21	1.05870
-8	20.45	20.8	66.9	16.1	50.8	2.1	2.1	2.10	41.50	-0.11	41.39	2.11	1.08438
-10	20.46	20.8	64.8	14.1	50.7	2.1	2.0	2.05	39.45	-0.12	39.33	2.06	1.05869
-12	20.47	20.8	62.7	12.0	50.7	2.1	2.1	2.10	37.35	-0.13	37.22	2.11	0.89003
0	20.48	20.8	60.2	9.5	50.7	2.5	2.5	2.50	34.85	-0.14	34.71	2.51	0.99835
12			89.4	38.7	DRIFT=-0.15								

N=14

DMED = .99835

* DATA DA EXPERIENCIA 2-10-79 I NUM. 3.1 *

***** SENSIBILIDADE D= 1.00431600 *****

* ERRO MEDIO QUADRATICO NA DET.DE *D*= .0148 *

* COMPR.MEDIO DA BOLHA =50.8 DIVISOES *

* TEMPERATURA MEDIA TM=20.8 GRAUS CENTIGRADOS *

* DURACAO DA DETERM. 13.0 MINUTOS. *

CALIBRACAO DE NIVEL DE PRECISAO - METODO DE WISCONSIN

		LEITURA DO C.V.			NIVEL DO C.V.		E-D		(E-D).D		C.V. CORRIGIDO		
					ESQ.	DIR.							
NIVELADO	= *	0	0	0.00	*	7.60	*	8.00	*	-0.40	*	0	0 -0.28 *
INCL.LEIT.1	= *	1	4	0.00	*	8.30	*	7.10	*	1.20	*	1	4 0.83 *
INCL.LEIT.2	= *	1	4	0.00	*	7.60	*	8.00	*	-0.40	*	1	3 59.72 *
MEDIA DAS LEITURAS 1 E 2 COM O INSTRUMENTO INCLINADO											-----	1	4 0.28
											I =	1	4 0.56

C.H	HORA	TEMP	ESQ	DIR	COMPR	DF.E.	DF.D	DF.M	CENT	CORR.	CTR.COR.	MOV.	S.I.
-14	20.49	20.9	60.2	9.5	50.7	0.0	0.0	0.00	34.85	0.00	34.85	0.00	0.93386
-12	20.50	20.9	62.6	11.9	50.7	2.4	2.4	2.40	37.25	-0.01	37.24	2.39	1.06773
-10	20.51	20.9	64.7	14.0	50.7	2.1	2.1	2.10	39.35	-0.01	39.34	2.09	1.06773
-8	20.52	20.9	66.8	16.1	50.7	2.1	2.1	2.10	41.45	-0.02	41.43	2.09	1.06773
-6	20.53	20.9	68.9	18.2	50.7	2.1	2.1	2.10	43.55	-0.03	43.52	2.09	1.06773
-4	20.54	20.9	71.0	20.3	50.7	2.1	2.1	2.10	45.65	-0.04	45.61	2.09	0.93386
-2	20.55	20.9	73.4	22.7	50.7	2.4	2.4	2.40	48.05	-0.04	48.01	2.39	1.04281
0	20.56	20.9	75.6	24.8	50.8	2.2	2.1	2.15	50.20	-0.05	50.15	2.14	0.95379
2	20.57	20.9	77.9	27.2	50.7	2.3	2.4	2.35	52.55	-0.06	52.49	2.34	1.04281
4	20.58	20.9	80.1	29.3	50.8	2.2	2.1	2.15	54.70	-0.06	54.64	2.14	0.95379
6	20.59	20.9	82.4	31.7	50.7	2.3	2.4	2.35	57.05	-0.07	56.98	2.34	1.01904
8	21.00	20.9	84.6	33.9	50.7	2.2	2.2	2.20	59.25	-0.08	59.17	2.19	0.97459
10	21.01	20.9	86.9	36.2	50.7	2.3	2.3	2.30	61.55	-0.09	61.46	2.29	0.89640
12	21.02	20.9	89.4	38.7	50.7	2.5	2.5	2.50	64.05	-0.09	63.96	2.49	1.00168
-14			60.3	9.6	DRIFT=-0.10								
N=14													DMED =1.00168

* DATA DA EXPERIENCIA 2-10-79 I NUM. 3.2 *

***** SENSIBILIDADE D= 1.00612980 *****

* ERRO MEDIO QUADRATICO NA DET.DE *D*= .0161 *

* COMPR.MEDIO DA BOLHA =50.7 DIVISOES *

* TEMPERATURA MEDIA TM=20.9 GRAUS CENTIGRADOS *

* DURACAO DA DETERM. 13.0 MINUTOS. *

RESUMO DOS RESULTADOS:

DATA DA EXPERIENCIA: 2-10-79 - CALIBRACAO PELO METODO DE WISCONSIN

G	D1	CPTO	TM1	D2	CPTO	TM2	D MED	TM12	RES.V	L.E.	EMQ	L.E	EMQI	L.E.	ANGULO	I
1	1.018	50.3	20.8	1.012	50.4	20.7	1.015	20.8	-0.005						1	0 0.21
2	1.010	50.6	20.6	1.012	50.7	20.7	1.011	20.7	-0.001						1	2 0.24
3	1.004	50.8	20.8	1.006	50.7	20.9	1.005	20.8	0.005	0.035	0.00	0.01	0.01	0.02	1	4 0.56

SENSIBILIDADE MEDIA DOS 3 GRUPOS:= 1.011 V:4= 0.001

CAPÍTULO 2

MÉTODO DO CALIBRADOR

2.1 PRINCÍPIO DE CONSTRUÇÃO |⁰⁹|

O calibrador referido neste capítulo foi construído pelo Departamento de Mecânica da Universidade Federal do Paraná, sob a orientação do autor, com o intuito de ser o mais versátil possível e portanto capaz de receber uma variada gama de níveis de precisão para calibração. Entretanto, nele se ajustam particularmente bem, sem perda de tempo ou qualquer tipo de adaptação, os níveis suspenso e de Horrebow, do teodolito universal Wild T-4.

Como se pode observar nas figuras 2-a e 2-b, é um instrumento relativamente simples e basicamente constituído por duas barras de alumínio maciço, com seção transversal T, sustentando um cilindro e as bases onde serão acoplados os níveis.

Na extremidade da barra maior, doravante denominada barra, ou eixo longitudinal, fixou-se um micrômetro que permite leituras do milésimo de milímetro (foto). Esse micrômetro possui, adaptado em sua base, uma pequena esfera de aço, a qual será um dos três pontos de apoio do calibrador. A ação sobre o tambor do micrômetro levanta ou abaixa verticalmente a extremidade livre da barra longitudinal.

Nas extremidades da barra menor (transversal), foram fixados dois parafusos rotantes, apoiados sobre duas esferas idênticas à do micrômetro, e que completam o triângulo isósceles, este servindo de apoio ao conjunto. Sobre a barra menor,

existe ainda um nível para mantê-la nivelada com auxílio dos dois parafusos.

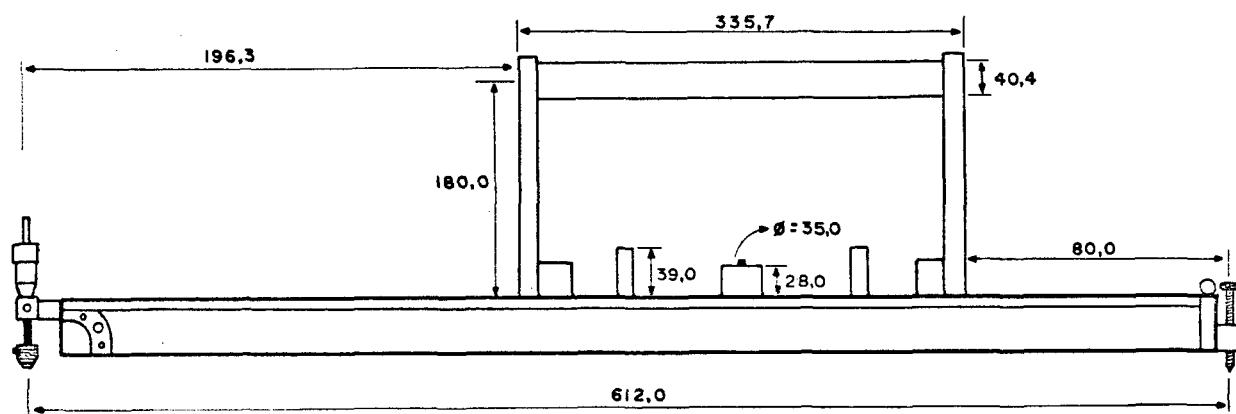


FIG. 2-a

DIMENSÕES EM mm

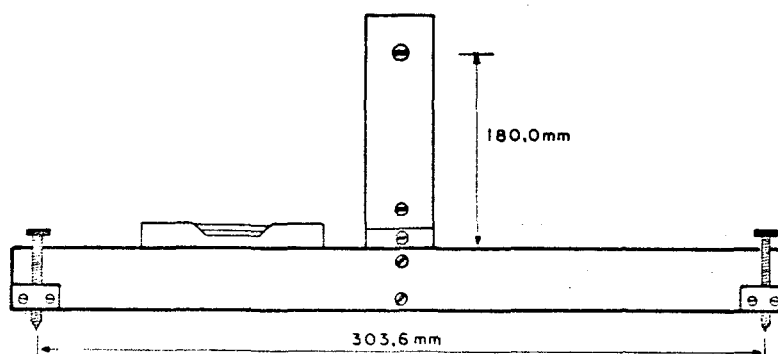


FIG. 2-b

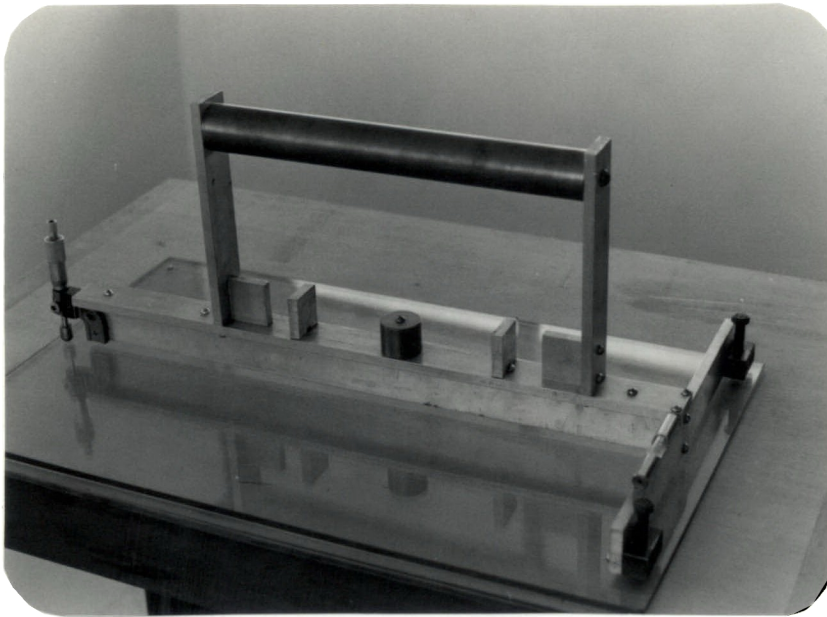


Foto 1 - CALIBRADOR

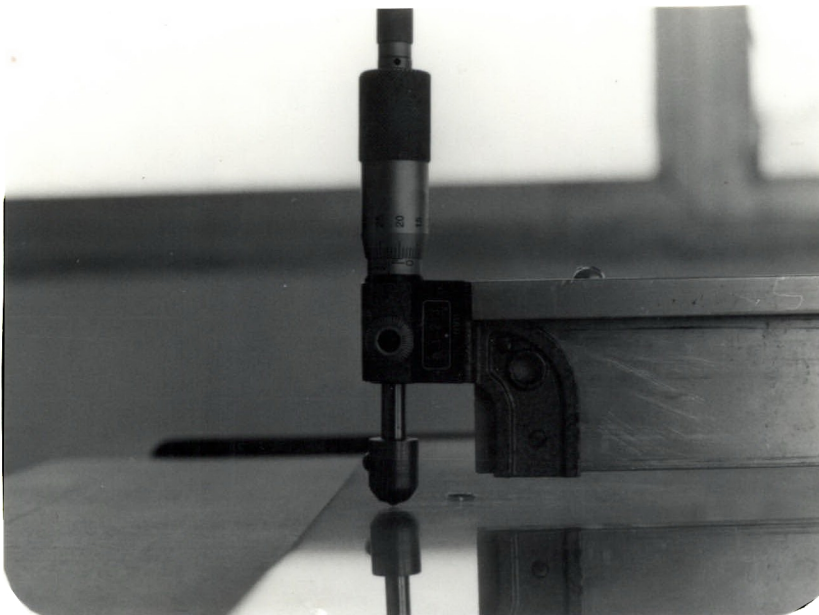


Foto 2 - DETALHE DO MICRÔMETRO

2.2 CONCEITUAÇÃO TEÓRICA

Por construção do instrumento, o nível, quando acoplado, mantém-se paralelo à barra longitudinal (fig. 2-a).

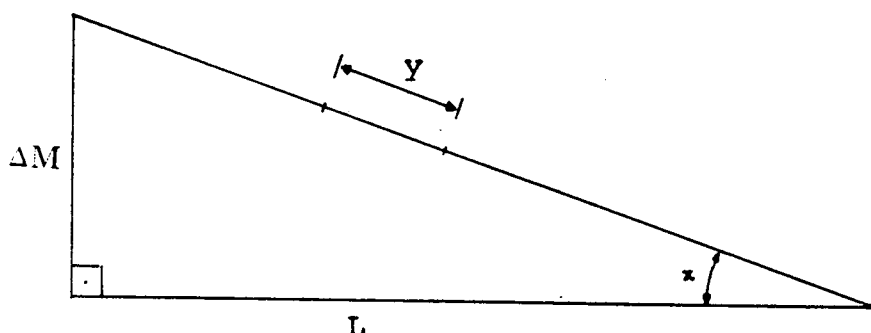
Pressupondo os eixos longitudinal e transversal nivelados, tem-se certa leitura M no micrômetro e das extremidades da bolha do nível em estudo. Girando-se o tambor do micrômetro obtêm-se nova leitura em seu nônio ($M+\Delta M$) e haverá um deslocamento da bolha de y divisões do nível.

A sensibilidade do nível na região do mesmo onde a bolha se deslocou será dada pela divisão da inclinação angular do eixo do nível pelo número de divisões que a bolha se deslocou:

$$d = \frac{x}{y} \text{ (\"/div)} \quad (2.2.1)$$

onde

$$x = \operatorname{tg}^{-1} \frac{\Delta M}{L} \quad (2.2.2)$$



ou

$$d = \frac{\operatorname{tg}^{-1} \frac{\Delta M}{L}}{y} \text{ (\"/div)} \quad (2.2.3)$$

Considerando o raio de curvatura do nível constante, pode-se determinar um único valor de \underline{d} para todo o nível, deslocando a bolha de um extremo ao outro através de mudança da inclinação x e aplicando sucessivamente a (2.2.3). Obtém-se uma série de determinações semelhantes, que poderão ser ajustadas pelo MMQ.

Para que uma determinação da sensibilidade possa ser considerada completa e digna de confiança, é necessário que se efetuem quatro determinações $|^{10}|$. Duas delas com o nível na frente e as outras duas com o mesmo, na parte posterior do calibrador. Em ambos os casos, devem-se iniciar as observações com a bolha numa das extremidades do tubo, levá-la ao outro extremo e retornar ao ponto de origem sempre com movimentos sucessivos do tambor do micrômetro, de modo que o eixo longitudinal se incline o suficiente para que a bolha se desloque de mais de uma e menos de três divisões de nível $|^{11}|$. Entre cada movimento do micrômetro deve haver intervalo de tempo suficiente para estabilização da bolha.

Os resultados de cada conjunto são ajustados individualmente pelo MMQ, fornecendo quatro valores de \underline{d} , cuja média aritmética será tomada como valor mais provável para a sensibilidade de \underline{d} do nível.

2.3 PROCEDIMENTOS PRÁTICOS

Como as calibrações dos níveis de precisão, passíveis de serem realizadas no calibrador, são, de um modo geral, feitas de forma idêntica; neste item será tomado como modelo, a calibra-

ção do nível suspenso do teodolito Wild T-4.

Obtêm-se uma boa calibração, obedecendo os seguintes passos:

2.3.1 RETIFICAÇÃO DO NÍVEL

Verifica-se a existência ou não de movimento lateral da bolha. Em caso afirmativo, retifica-se o nível (ver item 1.2.1).

2.3.2 AJUSTE DO COMPRIMENTO DA BOLHA

Ajusta-se a bolha ao comprimento desejado (ver item 1.2.3).

2.3.3 INCLINAÇÃO DO CALIBRADOR

Acionando o tambor do micrômetro, inclina-se o eixo longitudinal do calibrador, até que uma das extremidades da bolha atinja as proximidades da graduação 10 ou 90 do tubo do nível.

Será suposto aqui, para melhor clareza, que com a primeira inclinação, a extremidade esquerda da bolha fique próxima da graduação 90 do nível.

2.3.4 LEITURAS

Após constatada a imobilidade da bolha, anotam-se as leituras do micrômetro, das extremidades esquerda e direita da bolha, da temperatura e da hora.

2.3.5 INCREMENTO ÀS LEITURAS DO MICRÔMETRO

Gira-se o tambor do micrômetro de 0,006mm de modo que a bolha se mova em direção à graduação 10 do nível, ou seja, para a direita. Aguarda-se aproximadamente dois minutos e efetuam-se as leituras como no item anterior.

Observação: escolheu-se o valor 0,006mm como intervalo de incremento à leitura do micrômetro porque nesse calibrador o valor corresponde a um movimento da bolha de uma a três divisões do nível, conforme recomendação de Mueller ^[12].

2.3.6 REPETIÇÃO DAS OPERAÇÕES

Repetem-se as operações do item anterior até que a bolha atinja a extremidade oposta à inicial, isto é, as proximidades da graduação 10 do nível. Completa-se assim a coleta de dados para uma determinação de \underline{d} .

2.3.7 RETORNO DA BOLHA AO PONTO DE ORIGEM

Com a bolha estacionada onde terminou a primeira determinação, gira-se o tambor do micrômetro de 0,006mm em sentido contrário ao do item anterior, tal que a bolha se mova também em sentido oposto, ou seja, para a esquerda.

2.3.8 COMPLEMENTAÇÃO DOS DADOS

Repetindo-se as operações de: incrementar a leitura do micrômetro, aguardar a imobilização da bolha e efetuar as leituras, leva-se a bolha às proximidades do ponto de partida (graduação 90 do nível). Completa-se assim o segundo conjunto

de dados.

2.3.9 INVERSÃO NA POSIÇÃO DO NÍVEL

O nível é retirado cuidadosamente de seu suporte e colocado no mesmo, do lado oposto do instrumento. Assim ter-se-á a graduação 10 onde estava a 90 e reciprocamente.

2.3.10 OBTENÇÃO DE NOVOS GRUPOS DE DADOS

Repetem-se as operações dos itens 2.3.3 ao 2.3.9 para se obter dois outros conjuntos de dados, completando assim os elementos para quatro determinações de \underline{d} .

2.4 DESENVOLVIMENTO ANALÍTICO NUMÉRICO

2.4.1. OBTENÇÃO DA FÓRMULA GERAL PARA O AJUSTAMENTO DOS DADOS

Analogamente, à (1.3.1) ajustam-se os dados obtidos das leituras do micrômetro e das extremidades da bolha. A fórmula que calcula os resultados individuais, como foi visto em (2.2), é:

$$d = \frac{x}{y} \text{ (\"/div)}$$

com

$$x = \operatorname{tg}^{-1} \frac{\Delta M}{L}$$

onde x representa o ângulo de inclinação da barra longitudinal, y o deslocamento da bolha e ΔM o incremento dado ao micrômetro.

A fórmula acima pode ser escrita:

$$y = \frac{x}{d}$$

fazendo $\frac{1}{d} = d'$, tem-se a equação de uma reta.

$$d'x - y = 0$$

Introduzindo a constante c , única para cada conjunto de dados e nula quando a reta passar pela origem do sistema coordenado, ter-se-á:

$$c + d'x - y = 0 \quad (2.4.1)$$

onde as incógnitas são c e d' pois x e y são obtidos das leituras do micrômetro e das extremidades da bolha.

Procedendo como em (1.3.1) obtêm-se as equações normais:

$$c[x] + d' [xx] - [xy] = 0 \quad (2.4.2)$$

e

$$nc + d' [x] - [y] = 0 \quad (2.4.3)$$

Isolando a constante c da (2.4.3), substituindo-a na (2.4.2) e isolando d' , obtêm-se:

$$d' = \frac{n[xy] - [x][y]}{n[xx] - [x]^2}$$

mas $d' = 1/d$, portanto

$$d = \frac{[xx] - \frac{[x]^2}{n}}{[xy] - \frac{[x][y]}{n}} \quad "/div \quad (2.4.4)$$

2.4.2 MANUSEIO DOS DADOS DE CAMPO PARA APLICAÇÃO NA FÓRMULA (2.4.4)

a) Obtém-se, das leituras do micrômetro, a inclinação da barra longitudinal do calibrador através da (2.2.2).

Neste trabalho a unidade empregada foi o segundo de arco.

b) O movimento da bolha é calculado pela diferença entre as médias aritméticas das extremidades da bolha de duas leituras consecutivas.

c) O centro da bolha é obtido através da média aritmética entre as leituras de suas extremidades esquerda e direita.

2.4.3 CÁLCULO DA SENSIBILIDADE MÉDIA

Uma determinação completa é obtida através da média aritmética entre os quatros valores ajustados de \underline{d} .

2.4.4 CÁLCULO DO ERRO MÉDIO QUADRÁTICO DA MÉDIA

Ver item (1.3.4).

2.4.5 CÁLCULO DO EMQ DE UM GRUPO ISOLADO (σ)

Ver item (1.3.5).

2.5 CRITÉRIO PARA REJEIÇÃO DAS OBSERVAÇÕES

Ver item (1.4)

CALIBRACAO DE NIVEL DE PRECISAO ATRAVES DO CALIBRADOR											
L.M.D	L.M.A	HORA	TEMP	ESQ.	DIR.	COMPR	CTRO	DF.E	DF.D	DF.M	S.I.
2.490	0.000	15.43	21.5	89.2	40.2	49.0	64.7	0.0	0.0	0.00	0.9629
2.496	2.022	15.45	21.5	87.1	38.1	49.0	62.6	2.1	2.1	2.10	0.9629
2.502	4.044	15.47	21.5	85.0	36.0	49.0	60.5	2.1	2.1	2.10	0.9629
2.508	6.066	15.49	21.5	82.9	33.9	49.0	58.4	2.1	2.1	2.10	0.9864
2.514	8.089	15.51	21.5	80.9	31.8	49.1	56.3	2.0	2.1	2.05	1.0370
2.520	10.111	15.53	21.5	78.9	29.9	49.0	54.4	2.0	1.9	1.95	1.0111
2.526	12.133	15.55	21.5	76.9	27.9	49.0	52.4	2.0	2.0	2.00	0.9864
2.532	14.155	15.57	21.5	74.9	25.8	49.1	50.3	2.0	2.1	2.05	0.9864
2.538	16.177	15.59	21.5	72.8	23.8	49.0	48.3	2.1	2.0	2.05	0.9864
2.544	18.200	16.02	21.5	70.8	21.7	49.1	46.3	2.0	2.1	2.05	1.0643
2.550	20.222	16.05	21.6	68.9	19.8	49.1	44.3	1.9	1.9	1.90	0.9864
2.556	22.244	16.08	21.6	66.8	17.8	49.0	42.3	2.1	2.0	2.05	1.0111
2.562	24.266	16.10	21.7	64.8	15.8	49.0	40.3	2.0	2.0	2.00	0.9629
2.568	26.288	16.12	21.7	62.7	13.7	49.0	38.2	2.1	2.1	2.10	1.0111
2.574	28.310	16.14	21.7	60.7	11.7	49.0	36.2	2.0	2.0	2.00	0.9942
N=15										SENSIBILIDADE MEDIA = 0.9942	

```

*****
*          DATA DA EXPERIENCIA      2- 8-78          POSICAO 1      *
*-----SENSIBILIDADE D =  0.9974-----*
*          ERRO MEDIO QUADRATICO NA DET. DE *D*= .0075          *
*          COMPR.MEDIO DA BOLHA =49.03          *
*          TEMPERATURA MEDIA T.M.=21.6 GRAUS CENT.          *
*****

```

CALIBRACAO DE NIVEL DE PRECISAO ATRAVES DO CALIBRADOR

L.M.D	L.M.A	HORA	TEMP	ESQ.	DIR.	COMPR	CTRO	DF.E	DF.D	DF.M	S.I.
2.574	0.000	16.14	21.7	59.6	10.0	49.6	34.8	0.0	0.0	0.00	1.0931
2.568	2.022	16.16	21.7	61.3	12.0	49.3	36.7	1.7	2.0	1.85	1.0931
2.562	4.044	16.18	21.7	63.1	13.9	49.2	38.5	1.8	1.9	1.85	0.9629
2.556	6.067	16.20	21.7	65.2	16.0	49.2	40.6	2.1	2.1	2.10	1.0643
2.550	8.089	16.22	21.7	67.1	17.9	49.2	42.5	1.9	1.9	1.90	1.0370
2.544	10.111	16.24	21.7	69.0	19.9	49.1	44.5	1.9	2.0	1.95	0.9405
2.538	12.133	16.26	21.7	71.2	22.0	49.2	46.6	2.2	2.1	2.15	1.0643
2.532	14.155	16.28	21.7	73.1	23.9	49.2	48.5	1.9	1.9	1.90	0.9629
2.526	16.177	16.30	21.7	75.2	26.0	49.2	50.6	2.1	2.1	2.10	1.0111
2.520	18.200	16.32	21.7	77.2	28.0	49.2	52.6	2.0	2.0	2.00	0.9864
2.514	20.222	16.34	21.7	79.3	30.0	49.3	54.7	2.1	2.0	2.05	1.0111
2.508	22.244	16.36	21.7	81.3	32.0	49.3	56.7	2.0	2.0	2.00	0.9629
2.502	24.266	16.38	21.7	83.4	34.1	49.3	58.8	2.1	2.1	2.10	0.9864
2.496	26.288	16.40	21.7	85.5	36.1	49.4	60.8	2.1	2.0	2.05	1.0111
2.490	28.310	16.42	21.7	87.5	38.1	49.4	62.8	2.0	2.0	2.00	1.0370
2.484	30.333	16.44	21.7	89.4	40.1	49.3	64.8	1.9	2.0	1.95	1.0149
N=16											SENSIBILIDADE MEDIA = 1.0149

```

*****
*          DATA DA EXPERIENCIA      2- 8-78          POSICAO 2  *
*-----SENSIBILIDADE D = 1.0052-----*
*          ERRO MEDIO QUADRATICO NA DET. DE *D*= .0120          *
*          COMPR.MEDIO DA BOLHA =49.28          *
*          TEMPERATURA MEDIA T.M.=21.7 GRAUS CENT.          *
*****

```

CALIBRACAO DE NIVEL DE PRECISAO ATRAVES DO CALIBRADOR											
L.M.D	L.M.A	HORA	TEMP	ESQ.	DIR.	COMPR	CTRO	DF.E	DF.D	DF.M	S.I.
2.416	0.000	14.28	21.1	8.7	58.4	49.7	33.6	0.0	0.0	0.00	1.0111
2.422	2.022	14.30	21.1	10.7	60.4	49.7	35.6	2.0	2.0	2.00	0.8792
2.428	4.044	14.32	21.1	13.0	62.7	49.7	37.8	2.3	2.3	2.30	1.0643
2.434	6.067	14.35	21.1	14.9	64.6	49.7	39.8	1.9	1.9	1.90	1.0931
2.440	8.089	14.37	21.1	16.8	66.4	49.6	41.6	1.9	1.8	1.85	1.0643
2.446	10.111	14.39	21.1	18.7	68.3	49.6	43.5	1.9	1.9	1.90	1.0643
2.452	12.133	14.41	21.1	20.6	70.2	49.6	45.4	1.9	1.9	1.90	1.0643
2.458	14.155	14.43	21.1	22.5	72.1	49.6	47.3	1.9	1.9	1.90	1.0111
2.464	16.177	14.45	21.2	24.5	74.1	49.6	49.3	2.0	2.0	2.00	0.9629
2.470	18.200	14.47	21.2	26.6	76.2	49.6	51.4	2.1	2.1	2.10	1.0643
2.476	20.222	14.49	21.2	28.5	78.1	49.6	53.3	1.9	1.9	1.90	1.0111
2.482	22.244	14.51	21.2	30.5	80.1	49.6	55.3	2.0	2.0	2.00	0.9629
2.488	24.266	14.53	21.3	32.6	82.2	49.6	57.4	2.1	2.1	2.10	0.9629
2.494	26.288	14.55	21.3	34.6	84.4	49.8	59.5	2.0	2.2	2.10	0.9405
2.500	28.310	14.57	21.4	36.7	86.6	49.9	61.7	2.1	2.2	2.15	1.0370
2.506	30.333	14.59	21.4	38.7	88.5	49.8	63.6	2.0	1.9	1.95	0.9864
2.512	32.355	15.01	21.4	40.8	90.5	49.7	65.7	2.1	2.0	2.05	1.0112
SENSIBILIDADE MEDIA =											1.0112

N=17

```

*****
*          DATA DA EXPERIENCIA      2- 8-78          POSICAO 3      *
*----- SENSIBILIDADE D =  1.0146 -----*
*          ERRO MEDIO QUADRATICO NA DET. DE *D*= .0138          *
*          COMPR.MEDIO DA BOLHA =49.67          *
*          TEMPERATURA MEDIA T.M.=21.2 GRAUS CENT.          *
*****

```

CALIBRACAO DE NIVEL DE PRECISAO ATRAVES DO CALIBRADOR											
L.M.D	L.M.A	HORA	TEMP	ESQ.	DIR.	COMPR	CTRO	DF.E	DF.D	DF.M	S.I.
2.512	0.000	15.01	21.4	41.4	91.0	49.6	66.2	0.0	0.0	0.00	1.0931
2.506	2.022	15.03	21.4	39.6	89.1	49.5	64.4	1.8	1.9	1.85	0.9192
2.500	4.044	15.05	21.5	37.4	86.9	49.5	62.2	2.2	2.2	2.20	1.1234
2.494	6.066	15.07	21.5	35.6	85.1	49.5	60.4	1.8	1.8	1.80	0.9629
2.488	8.089	15.09	21.6	33.5	83.0	49.5	58.3	2.1	2.1	2.10	1.0931
2.482	10.111	15.11	21.6	31.7	81.1	49.4	56.4	1.8	1.9	1.85	1.0643
2.476	12.133	15.13	21.6	29.8	79.2	49.4	54.5	1.9	1.9	1.90	1.0111
2.470	14.155	15.15	21.6	27.8	77.2	49.4	52.5	2.0	2.0	2.00	1.0370
2.464	16.177	15.17	21.7	25.9	75.2	49.3	50.6	1.9	2.0	1.95	1.0111
2.458	18.200	15.19	21.7	23.9	73.2	49.3	48.6	2.0	2.0	2.00	1.0111
2.452	20.222	15.21	21.7	21.9	71.2	49.3	46.6	2.0	2.0	2.00	1.1895
2.446	22.244	15.23	21.7	20.1	69.6	49.5	44.9	1.8	1.6	1.70	1.0931
2.440	24.266	15.25	21.7	18.2	67.8	49.6	43.0	1.9	1.8	1.85	1.0111
2.434	26.288	15.27	21.7	16.2	65.8	49.6	41.0	2.0	2.0	2.00	0.8254
2.428	28.310	15.29	21.7	14.1	63.0	48.9	38.6	2.1	2.8	2.45	1.0111
2.422	30.333	15.31	21.7	12.0	61.1	49.1	36.6	2.1	1.9	2.00	1.0304
N=16											SENSIBILIDADE MEDIA = 1.0304

```

*****
*          DATA DA EXPERIENCIA          2- 8-78          POSICAO 4      *
*-----SENSIBILIDADE D = 1.0325-----*
*          ERRO MEDIO QUADRATICO NA DET. DE *D*= .0212          *
*          COMPR.MEDIO DA BOLHA =49.40          *
*          TEMPERATURA MEDIA T.M.=21.6 GRAUS CENT.          *
*****

```

RESUMO DOS RESULTADOS

```

EXPERIENCIA REALIZADA EM: 2- 8-78 # METODO DO CALIBRADOR
C SENSIB CPTD T.M. RES.V L.ERRO E.M.Q L.E EMQCI L.ERRO

1 0.9974 49.0 21.6 0.0150
2 1.0052 49.3 21.7 0.0072
3 1.0146 49.7 21.2 -0.0022
4 1.0325 49.4 21.6 -0.0201 0.0304 0.008 0.01 0.015 0.020
M= 1.0124 V MAX:5 = 0.00-----0.01
#####

```

ANÁLISE ESTATÍSTICA DAS MÉDIAS

3.1 Devido ao problema de espaço físico, não constarão deste trabalho os cálculos pormenorizados (conforme mostram os itens 1.5 e 2.6), de todas as experiências realizadas.

Todavia, no apêndice A, estão os principais resultados obtidos, em ambos os processos. Daqueles resultados, serão apresentados aqui, para facilitar a visualização, as datas, as temperaturas médias e as sensibilidades do nível de cada determinação. Serão acrescentadas a esses dados, as médias finais (\bar{X}) e as variâncias (s^2) de cada amostra.

CAPÍTULO 3

QUADRO 3.1

MÉTODO DE WISCONSIN				MÉTODO DO CALIBRADOR			
DATA	TEMP. (°C)	COMPR. (DIV.)	SENSIB. ("/DIV.)	DATA	TEMP. (°C)	COMPR. (DIV.)	SENSIB. ("/DIV.)
05-09-79	13,3	39,9	1,007	06-07-78	21,0	43,6	1,015
19-09-79	14,4	41,0	1,026	23-08-78	21,0	40,8	1,019
18-09-79	14,6	40,4	1,007	13-07-78	21,0	41,0	1,027
17-09-79	17,7	41,1	1,031	18-08-78	21,0	40,0	1,032
16-10-79	22,6	40,1	1,049	12-07-78	21,0	40,5	1,033
24-09-79	13,4	40,9	1,058	17-07-78	21,0	40,4	1,045
11-10-79	24,8	40,5	1,054	04-07-78	21,6	43,1	1,043
25-09-79	25,0	40,7	1,060	11-07-78	21,7	39,7	1,045
$\bar{X}_1 =$	19,5	40,6	1,037	$\bar{X}_1 =$	21,2	41,1	1,032
$\sigma_1 =$	5,0	0,4	0,022	$\sigma_1 =$	0,3	1,4	0,012
$s_1^2 =$			* 0,00048	$s_2^2 =$			* 0,00014
03-09-79	13,4	48,8	0,972	16-08-78	19,3	49,8	1,019
04-09-79	14,7	49,1	1,000	01-08-78	20,9	49,9	0,995
30-08-79	19,5	51,0	1,019	03-08-78	21,5	49,2	1,002
02-10-79	20,8	50,6	1,011	02-08-78	21,5	49,4	1,012
09-10-79	21,9	50,5	1,018	07-08-78	22,9	49,4	1,013
01-10-79	22,6	49,3	1,017	15-09-78	23,1	49,4	1,012
02-10-79	22,6	49,6	1,016	28-08-78	24,7	49,5	1,014
26-04-79	26,2	51,4	1,039	18-09-78	25,9	49,6	1,009
$\bar{X}_1 =$	20,2	50,0	1,012	$\bar{X}_1 =$	22,5	49,4	1,010
$\sigma_1 =$	4,3	1,0	0,019	$\sigma_1 =$	2,2	0,3	0,008
$s_1^2 =$			* 0,00036	$s_2^2 =$			* 0,00006
10-09-79	15,0	59,7	0,980	14-08-78	11,7	60,0	0,975
10-09-79	15,1	59,7	0,975	21-07-78	18,2	59,5	0,964
14-09-79	16,6	59,5	0,970	31-07-78	19,6	60,3	0,964
12-09-79	16,7	59,7	0,965	21-08-78	19,9	59,6	0,978
13-09-79	17,2	59,4	0,968	27-07-78	20,4	59,4	0,981
04-10-79	22,0	59,7	0,982	28-07-78	20,5	59,5	0,983
04-10-79	22,9	60,1	0,977	23-06-78	21,1	61,0	0,990
09-10-79	25,5	59,5	0,986	27-07-78	23,9	59,4	0,994
$\bar{X}_1 =$	18,9	59,7	0,975	$\bar{X}_1 =$	19,4	59,8	0,977
$\sigma_1 =$	4,0	0,2	0,007	$\sigma_1 =$	3,5	0,6	0,011
$s_1^2 =$			* 0,00005	$s_2^2 =$			* 0,00012

* = (" / div) ²

3.2 TESTE DE HIPÓTESE DA IGUALDADE ENTRE AS MÉDIAS ($\mu_1 = \mu_2$)

Far-se-á, neste tópico, uma análise estatística entre as médias obtidas pelos dois métodos, para cada comprimento de bolha estudado.

Será adotado um nível de significância $\alpha=5\%$, sendo o teste de aceitação ou rejeição das médias, como segue ^[13]:

- a) calculam-se as médias X_1 e X_2 ;
- b) determinam-se os números c_1 e c_2 das equações

$$P(T < c_1) = \frac{\alpha}{2}$$

e

$$P(T < c_2) = 1 - \frac{\alpha}{2}$$

e da tabela 8, página 454 ^[14] (distribuição t de Student), com $2n-2$ graus de liberdade, onde n é o número de elementos de cada amostra e T o parâmetro teórico correspondente ao valor calculado t_o ;

- c) calcula-se

$$t_o = \frac{\sqrt{n} \cdot (X_1 - X_2)}{\sqrt{s_1^2 + s_2^2}}$$

onde X_1 , X_2 , s_1^2 e s_2^2 são, respectivamente, as médias aritméticas e as variâncias das duas amostras;

- d) comparam-se os valores c_1 e c_2 com t_o : se $c_1 < t_o < c_2$ aceita-se a hipótese de igualdade entre as duas médias. Em caso contrário, esta hipótese será rejeitada.

3.3 APLICAÇÃO DO TESTE (3.2) PARA AS AMOSTRAS DO QUADRO(31)

Todas as amostras referidas possuem oito determinações,

ou seja, $n=8$. Como será adotado o mesmo nível de significância ($=5\%$) para os três testes, ter-se-ã c_1 e c_2 idênticos para os três casos. Estes números são determinados conforme (3.2-b) e resultam

$$c_1 = -2,15 \quad \text{e} \quad c_2 = 2,15$$

Para as duas primeiras amostras (comprimento da bolha igual a 40 divisões), aplicando a (3.2-c) obtém-se $t_0=0,56$. Como $c_1 < t_0 < c_2$, aceita-se a hipótese de igualdade entre as médias X_1 e X_2 .

Analogamente, calcula-se t_0 para as terceira e quarta amostras (comprimento da bolha igual a 50 divisões), obtendo $t_0=0,25$. Também neste caso $c_1 < t_0 < c_2$ e a hipótese de igualdade é aceita.

Para as quarta e quinta amostras (comprimento da bolha igual a 60 divisões do nível), encontra-se $t_0=0,87$, valor este também superior a c_1 e inferior a c_2 . Portanto, pode-se aceitar a hipótese de igualdade entre as médias X_1 e X_2 .

3.4 CONCLUSÃO DA ANÁLISE DAS MÉDIAS

Analizou-se estatisticamente as sensibilidades médias, obtidas pelos métodos de Wisconsin e do calibrador. Observou-se que, com possibilidade de 5% de erro, as médias podem ser consideradas idênticas.

Este estudo mostra que os referidos métodos fornecem a mesma média e, por conseguinte, podem ser considerados, nesse aspecto, compatíveis.

3.5 TESTE DE HIPÓTESE DA IGUALDADE ENTRE AS VARIÂNCIAS

$$(\sigma_1^2 = \sigma_2^2)$$

O referido teste é similar ao das médias (3.2) e é realizado como segue ^{|15|}:

a) calculam-se as variâncias s_1^2 e s_2^2 ;

b) adota-se o nível de significância α ;

c) determina-se o número c da equação $P(V < c) = 1 - \alpha$ e da tabela 9a ou 9b, página 455 ^{|16|} (distribuição F), com $(n_1 - 1, n_2 - 1)$ graus de liberdade;

d) calcula-se $v_o = \frac{s_1^2}{s_2^2}$;

e) teste: $v_o < c$, aceita-se a hipótese de igualdade entre as variâncias. Em caso contrário, tal hipótese será rejeitada.

3.6 APLICAÇÃO DO TESTE (3.5) PARA AS AMOSTRAS DO QUADRO (3.1)

Em todas as amostras tem-se $n=8$. Assim o número c será o mesmo para todos os casos.

Da tabela 9a, página 455, para (7,7) graus de liberdade e nível de significância $\alpha=5\%$, obtém-se:

$$c = 3,79$$

Para as duas primeiras amostras, ou seja, comprimento da bolha igual a 40 divisões, têm-se:

$$s_1^2 = 0,00048; \quad s_2^2 = 0,00014$$

com as quais obtém-se $v_o = 3,36$. Portanto, pode-se aceitar a hipótese da igualdade entre as variâncias, pois $v_o < c$.

As terceira e quarta amostras (comprimento da bolha igual a 50 divisões) fornecem $s_1^2=0,00036$, $s_2^2=0,00006$ e $v_o=5,64$. Neste caso $v_o > c$ e a hipótese de igualdade deve ser rejeitada.

Das quinta e sexta amostras (comprimento da bolha igual a 60 divisões) obtêm-se $s_1^2=0,00005$, $s_2^2=0,00012$ e $v_o=0,40$. Como $v_o < c$, aceita-se a hipótese de igualdade.

3.7 CONCLUSÃO DA ANÁLISE DAS VARIÂNCIAS

No quadro abaixo, encontram-se alguns dos resultados obtidos até aqui, nos quais o índice 1 nas notações indica o 1º método ou método de Wisconsin e o índice 2, o segundo método ou método do calibrador.

	s_1^2	s_2^2	c	v_o	
comp. da bolha = 40div	0,00048	0,00014	3,79	3,36	$v_o < c$
comp. da bolha = 50div	0,00036	0,00006	3,79	5,64	$v_o > c$
comp. da bolha = 60div	0,00005	0,00012	3,79	0,40	$v_o < c$

Vê-se que as observações da linha 1 e 3 não possuem discrepâncias significativas em suas variâncias ao nível de significância de 5%. O mesmo não ocorre com as observações da linha 2.

Como os dois métodos de calibração tiveram praticamente as mesmas variâncias para dois comprimentos de bolha (40 e 60), e variâncias diferentes para o comprimento de bolha de 50 divisões, pode-se concluir que o segundo método (calibrador) possui precisão levemente superior ao primeiro (Wisconsin), pois nas observações onde as variâncias resultaram diferentes, a do método do calibrador é menor.

COMPARAÇÃO DOS MÉTODOS QUANTO AOS CRITÉRIOS OPERACIONAIS

4.1 TEMPO DESPENDIDO NAS OBSERVAÇÕES

A grande vantagem do método do calibrador sobre o método de Wisconsin reside no menor tempo despendido para as observações de cada determinação completa da sensibilidade. Isso fica bem caracterizado se for feita a seguinte comparação: após determinada fase preliminar, ambos os métodos seguem os mesmos passos, ou seja, em ambos deve-se deslocar a bolha de um extremo para outro do nível, paulatinamente, com pausas de dois minutos. Entretanto, o método de Wisconsin exige seis destes deslocamentos, enquanto que o método do calibrador exige apenas quatro. Além disso, no primeiro método, também são necessários três nivelamentos rigorosos do teodolito, enquanto que no segundo, é suficiente um rápido nivelamento no início das operações.

Os aspectos acima citados fazem com que uma determinação completa de \underline{d} , pelo método de Wisconsin, gaste praticamente o dobro do tempo se comparada ao método do calibrador.

Seja o seguinte exemplo: supondo intervalos de dois minutos entre os deslocamentos parciais da bolha do nível, e esta com comprimento tal que sejam necessários 20 intervalos para seu deslocamento de um extremo ao outro e, supondo ainda, uma média de 20 minutos para cada nivelamento do T-4, têm-se:

método de Wisconsin: $6 \times (20 \times 2) + 3 \times 20 = 300$ minutos

método do calibrador: $4 \times (20 \times 2) = 160$ minutos

CAPÍTULO 4

4.2 COINCIDÊNCIAS DE TRAÇOS DOS NÔNIOS

Com relação à coincidência de traços e leituras do nônio, o método de Wisconsin apresenta vantagem sobre o método do calibrador, pois é mais fácil fazer a justaposição dos traços e leituras do limbo do teodolito que a coincidência de traços e leitura do nônio do micrômetro do calibrador.

4.3 COMODIDADE DO OPERADOR

As operações de leituras das extremidades da bolha do nível e do nônio do micrômetro do calibrador podem ser feitas com o operador sentado defronte do instrumento. O mesmo não ocorre com o método de Wisconsin, pois o operador deve efetuar as leituras na graduação do nível e se deslocar para incrementar o limbo horizontal do teodolito a cada dois minutos. Esse fato torna o método de Wisconsin mais cansativo, podendo inclusive ocasionar erros grosseiros.

4.4 VARIAÇÃO DA TEMPERATURA

A determinação da sensibilidade de um nível, tanto para um método quanto para o outro, seria ideal se fosse realizada em ambiente climatizado. No entanto, se isso não for possível, parece recomendável a utilização do método do calibrador, pois com ele a determinação é mais rápida, logo, a possibilidade de oscilação da temperatura é menor.

A variação da temperatura implica na alteração do comprimento da bolha que, por sua vez, acarreta na mudança do valor da sensibilidade.

A última afirmativa pode ser confirmada claramente pe-

lo quadro 3.1, através da comparação entre os valores da sensibilidade para os comprimentos 40, 50 e 60 divisões do nível. Vê-se também que a sensibilidade cresce com o decréscimo do comprimento da bolha (aproximadamente 0,0003 seg de arco/div para cada divisão do nível).

Observação: todas as determinações da sensibilidade do nível em estudo neste trabalho, apresentadas no quadro 3.1, foram realizadas em ambiente não climatizado. Isso impediu que o autor realizasse um estudo da variação da sensibilidade com a temperatura, pois, nesse caso, seriam necessárias várias determinações para cada temperatura, para os diferentes comprimentos da bolha.

As determinações da sensibilidade foram efetuadas com a temperatura natural do ambiente e portanto quase sempre com uma única determinação para cada temperatura. O gráfico do Apêndice B sugerem a existência da variação da sensibilidade do nível com o acréscimo da temperatura. Entretanto, para uma afirmativa categórica, seriam necessárias novas observações em ambiente adequado, conforme recomendado acima e no item 4.4.

CAPÍTULO 5

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

5.1 CONCLUSÕES

Fundamentando-se nos estudos efetuados, principalmente no que se refere aos itens 3.4 (conclusão sobre a análise das médias) e 3.7 (conclusão da análise das variâncias) e tendo em vista os resultados do quadro 3.1, pode-se chegar às conclusões seguintes:

a) a sensibilidade de um nível de precisão é inversamente proporcional ao comprimento da bolha do mesmo;

b) a calibração de um nível, seja pelo método do calibrador, seja pelo método de Wisconsin, resulta num mesmo valor da sensibilidade;

c) de maneira geral, o método do calibrador proporciona menor variância, é mais rápido e o instrumento pode ser transportado facilmente.

De maneira geral, achamos que o método do calibrador pode ser utilizado em substituição ao tradicional método de Wisconsin, com grandes vantagens para o observador, sobretudo no que diz respeito ao menor tempo gasto nas observações.

5.2 RECOMENDAÇÕES

A determinação da sensibilidade de um nível será tanto melhor quanto mais atender às recomendações seguintes:

a) a fundação, ou base, onde serão instalados os ins-

trumentos devem ser estáveis a ponto de o operador poder circular em torno dos instrumentos sem causar movimento à bolha. Testes nesse sentido devem ser efetuados;

b) o ambiente deve possuir temperatura constante, ou pelo menos, com variações muito pequenas;

c) a iluminação do ambiente deve ser homogênea, para que não haja maior aquecimento num dos extremos do tubo do nível;

d) os instrumentos devem estar no recinto pelo menos 12 horas antes do início das observações. Após a entrada do operador na sala, ele deve aguardar de 15 a 20 minutos para que haja novo equilíbrio térmico $|^{17}|$, $|^{18}|$;

e) antes do início dos trabalhos, é aconselhável fazer com que a bolha se mova de um extremo ao outro do tubo, a fim de diminuir a tensão superficial $|^{19}|$;

f) os movimentos parciais da bolha devem ser analisados cuidadosamente em todas as determinações. Caso sejam constatados "saltos" sempre na mesma região do nível, o mesmo certamente estará defeituoso naquela área.

Atenção especial deve ser dada às extremidades do nível com relação aos "saltos" nos deslocamentos da bolha.

APÉNDICE A

19) Para comprimento da bolha igual a 40 divisões

DATA DA EXPERIENCIA: 5- 9-79 - CALIBRACAO PELO METODO DE WISCONSIN

G	D1	CPTO	TM1	D2	CPTO	TM2	D MED	TM12	RES.V	L.E.	EMQ	L.E	EMQI	L.E.	ANGULO	I
1	1.000	39.8	13.3	0.991	39.8	13.3	0.995	13.3	0.012						0 57	58.23
2	1.012	39.8	13.4	1.024	39.9	13.3	1.018	13.3	-0.011						0 59	59.76
3	1.006	40.0	13.3	1.010	40.0	13.4	1.008	13.4	-0.001	0.035	0.01	0.01	0.01	0.02	1 1	58.71

SENSIBILIDADE MEDIA DOS 3 GRUPOS:= 1.007 V:4= 0.003

DATA DA EXPERIENCIA: 19- 9-79 - CALIBRACAO PELO METODO DE WISCONSIN

G	D1	CPTO	TM1	D2	CPTO	TM2	D MED	TM12	RES.V	L.E.	EMQ	L.E	EMQI	L.E.	ANGULO	I
1	1.028	40.9	14.7	1.024	41.0	14.5	1.026	14.6	0.000						0 58	0.24
2	1.023	41.2	14.2	1.024	41.3	14.0	1.024	14.1	0.002						1 0	0.73
3	1.026	40.8	14.8	1.030	40.8	14.8	1.028	14.8	-0.002	0.035	0.00	0.01	0.00	0.02	1 2	0.14

SENSIBILIDADE MEDIA DOS 3 GRUPOS:= 1.026 V:4= 0.001

DATA DA EXPERIENCIA: 18- 9-79 - CALIBRACAO PELO METODO DE WISCONSIN

G	D1	CPTO	TM1	D2	CPTO	TM2	D MED	TM12	RES.V	L.E.	EMQ	L.E	EMQI	L.E.	ANGULO	I
1	1.001	40.3	14.7	1.017	40.2	14.7	1.009	14.7	-0.002						0 58	0.07
2	1.009	40.2	14.6	1.004	40.4	14.5	1.007	14.6	-0.000						1 0	1.25
3	1.004	40.5	14.5	1.005	40.5	14.5	1.004	14.5	0.002	0.035	0.00	0.01	0.00	0.02	1 2	1.98

SENSIBILIDADE MEDIA DOS 3 GRUPOS:= 1.007 V:4= 0.001

DATA DA EXPERIENCIA: 17- 9-79 - CALIBRACAO PELO METODO DE WISCONSIN

G	D1	CPTO	TM1	D2	CPTO	TM2	D MED	TM12	RES.V	L.E.	EMQ	L.E	EMQI	L.E.	ANGULO	I
1	1.029	40.8	17.9	1.031	40.8	17.9	1.030	17.9	0.001						0 57	59.20
2	1.032	41.1	17.7	1.019	41.3	17.5	1.026	17.6	0.005						0 59	58.82
3	1.038	41.4	17.6	1.036	41.3	17.5	1.037	17.6	-0.006	0.035	0.00	0.01	0.01	0.02	1 2	0.21

SENSIBILIDADE MEDIA DOS 3 GRUPOS:= 1.031 V:4= 0.001

DATA DA EXPERIENCIA: 16-10-79 - CALIBRACAO PELO METODO DE WISCONSIN

G	D1	CPTO	TM1	D2	CPTO	TM2	D MED	TM12	RES.V	L.E.	EMQ	L.E	EMQI	L.E.	ANGULO	I
1	1.051	40.6	21.8	1.036	40.5	22.0	1.044	21.9	0.005						0 58	3.13
2	1.028	40.2	22.5	1.043	40.0	23.0	1.036	22.8	0.013						1 0	2.36
3	1.071	39.8	23.3	1.063	39.7	23.2	1.067	23.3	-0.018	0.035	0.01	0.01	0.02	0.02	1 2	0.56

SENSIBILIDADE MEDIA DOS 3 GRUPOS:= 1.049 V:4= 0.003

DATA DA EXPERIENCIA: 24- 9-79 - CALIBRACAO PELO METODO DE WISCONSIN

G	D1	CPTO	TM1	D2	CPTO	TM2	D MED	TM12	RES.V	L.E.	EMQ	L.E	EMQI	L.E.	ANGULO	I
1	1.064	39.9	25.1	1.057	40.4	24.5	1.061	24.8	-0.002						0 58	0.07
2	1.061	41.4	23.5	1.057	41.6	23.1	1.059	23.3	-0.000						0 59	59.37
3	1.057	40.6	22.8	1.054	40.7	22.7	1.056	22.8	0.003	0.035	0.00	0.01	0.00	0.02	1 2	0.70

SENSIBILIDADE MEDIA DOS 3 GRUPOS:= 1.058 V:4= 0.001

DATA DA EXPERIENCIA: 11-10-79 - CALIBRACAO PELO METODO DE WISCONSIN

G	D1	CPTO	TM1	D2	CPTO	TM2	D MED	TM12	RES.V	L.E.	EMQ	L.E	EMQI	L.E.	ANGULO	I
1	1.032	40.6	24.7	1.053	40.4	24.9	1.042	24.8	0.011						1 2	1.18
2	1.044	40.2	25.3	1.051	40.2	25.2	1.048	25.3	0.006						1 0	0.59
3	1.065	40.6	24.6	1.077	40.9	24.1	1.071	24.4	-0.018	0.035	0.01	0.01	0.02	0.02	0 57	59.93

SENSIBILIDADE MEDIA DOS 3 GRUPOS:= 1.054 V:4= 0.003

DATA DA EXPERIENCIA: 25- 9-79 - CALIBRACAO PELO METODO DE WISCONSIN

G	D1	CPTO	TM1	D2	CPTO	TM2	D MED	TM12	RES.V	L.E.	EMQ	L.E	EMQI	L.E.	ANGULO	I
1	1.063	40.6	24.2	1.057	40.8	23.9	1.060	24.0	0.000						1 1	0.63
2	1.064	41.0	25.2	1.058	41.3	25.0	1.061	25.1	-0.000						1 3	0.76
3	1.058	40.0	26.5	1.063	40.1	26.4	1.061	26.5	-0.000	0.035	0.00	0.01	0.00	0.02	1 2	2.43

SENSIBILIDADE MEDIA DOS 3 GRUPOS:= 1.060 V:4= 0.000

DATA DA EXPERIENCIA: 3- 9-79 - CALIBRACAO PELO METODO DE WISCONSIN

G	D1	CPTO	TM1	D2	CPTO	TM2	D MED	TM12	RES.V	L.E.	EMQ	L.E	EMQI	L.E.	ANGULO	I
1	0.968	48.9	13.3	0.975	48.9	13.5	0.971	13.4	0.001						0 58	3.02
2	0.973	48.7	13.4	0.973	48.7	13.3	0.973	13.3	-0.001						0 59	59.31
3	0.971	48.8	13.2	0.973	48.7	13.5	0.972	13.3	0.000	0.035	0.00	0.01	0.00	0.02	1 1	58.99

SENSIBILIDADE MEDIA DOS 3 GRUPOS:= 0.972 V:4= 0.000

DATA DA EXPERIENCIA: 4- 9-79 - CALIBRACAO PELO METODO DE WISCONSIN

G	D1	CPTO	TM1	D2	CPTO	TM2	D MED	TM12	RES.V	L.E.	EMQ	L.E	EMQI	L.E.	ANGULO	I
1	0.991	48.9	14.4	1.007	48.9	14.6	0.999	14.5	0.001						0 57	58.96
2	1.004	48.9	14.7	0.999	49.0	14.7	1.002	14.7	-0.002						0 59	58.64
3	1.002	49.2	14.8	0.999	49.3	14.8	1.000	14.8	0.000	0.035	0.00	0.01	0.00	0.02	1 1	58.92

SENSIBILIDADE MEDIA DOS 3 GRUPOS:= 1.000 V:4= 0.000

DATA DA EXPERIENCIA: 30- 8-79 - CALIBRACAO PELO METODO DE WISCONSIN

G	D1	CPTO	TM1	D2	CPTO	TM2	D MED	TM12	RES.V	L.E.	EMQ	L.E	EMQI	L.E.	ANGULO	I
1	1.039	50.3	19.9	1.041	50.7	19.6	1.040	19.8	-0.021						0 57	58.85
2	1.046	51.0	19.7	1.013	51.1	19.7	1.030	19.7	-0.010						0 59	59.83
3	1.022	51.2	19.3	0.954	51.2	19.2	0.988	19.3	0.031	0.035	0.02	0.01	0.03	0.02	1 1	58.68

SENSIBILIDADE MEDIA DOS 3 GRUPOS:= 1.019 V:4= 0.008

DATA DA EXPERIENCIA: 2-10-79 - CALIBRACAO PELO METODO DE WISCONSIN

G	D1	CPTO	TM1	D2	CPTO	TM2	D MED	TM12	RES.V	L.E.	EMQ	L.E	EMQI	L.E.	ANGULO	I
1	1.018	50.3	20.8	1.012	50.4	20.7	1.015	20.8	-0.005						1 0	0.21
2	1.010	50.6	20.6	1.012	50.7	20.7	1.011	20.7	-0.001						1 2	0.24
3	1.004	50.8	20.8	1.006	50.7	20.9	1.005	20.8	0.005	0.035	0.00	0.01	0.01	0.02	1 4	0.56

SENSIBILIDADE MEDIA DOS 3 GRUPOS:= 1.011 V:4= 0.001

DATA DA EXPERIENCIA: 9-10-79 - CALIBRACAO PELO METODO DE WISCONSIN

G	D1	CPTO	TM1	D2	CPTO	TM2	D MED	TM12	RES.V	L.E.	EMQ	L.E	EMQI	L.E.	ANGULO	I
1	1.019	49.9	22.7	1.026	50.2	22.6	1.022	22.7	-0.005						1 2	1.04
2	1.022	50.8	22.0	1.003	50.9	21.9	1.012	22.0	0.005						1 0	0.38
3	1.021	50.2	21.5	1.015	50.4	21.3	1.018	21.4	-0.000	0.035	0.00	0.01	0.01	0.02	0 58	2.36

SENSIBILIDADE MEDIA DOS 3 GRUPOS:= 1.018 V:4= 0.001

DATA DA EXPERIENCIA: 1-10-79 - CALIBRACAO PELO METODO DE WISCONSIN

G	D1	CPTO	TM1	D2	CPTO	TM2	D MED	TM12	RES.V	L.E.	EMQ	L.E	EMQI	L.E.	ANGULO	I
1	1.017	48.8	22.5	1.018	48.8	23.1	1.017	22.8	-0.000						0 58	1.74
2	1.017	49.2	22.7	1.016	49.3	22.6	1.016	22.6	0.001						1 0	1.46
3	1.019	49.6	22.3	1.017	49.7	22.1	1.018	22.2	-0.000	0.035	0.00	0.01	0.00	0.02	1 2	1.49

SENSIBILIDADE MEDIA DOS 3 GRUPOS:= 1.017 V:4= 0.000

DATA DA EXPERIENCIA: 2-10-79 - CALIBRACAO PELO METODO DE WISCONSIN

G	D1	CPTO	TM1	D2	CPTO	TM2	D MED	TM12	RES.V	L.E.	EMQ	L.E	EMQI	L.E.	ANGULO	I
1	1.017	48.8	22.5	1.018	48.8	23.1	1.017	22.8	-0.001						0 58	1.74
2	1.017	49.2	22.7	1.016	49.3	22.6	1.016	22.6	0.000						1 0	1.46
3	1.020	49.9	22.1	1.011	50.0	22.0	1.016	22.1	0.001	0.035	0.00	0.01	0.00	0.02	1 2	0.90

SENSIBILIDADE MEDIA DOS 3 GRUPOS:= 1.016 V:4= 0.000

DATA DA EXPERIENCIA: 26- 9-79 - CALIBRACAO PELO METODO DE WISCONSIN

G	D1	CPTO	TM1	D2	CPTO	TM2	D MED	TM12	RES.V	L.E.	EMQ	L.E	EMQI	L.E.	ANGULO	I
1	1.055	50.2	26.9	1.042	50.6	26.7	1.049	26.8	-0.010						0 58	1.95
2	1.035	51.4	26.2	1.036	51.6	26.2	1.035	26.2	0.004						1 0	3.75
3	1.033	52.0	25.8	1.033	52.1	25.7	1.033	25.7	0.006	0.035	0.00	0.01	0.01	0.02	1 2	2.12

SENSIBILIDADE MEDIA DOS 3 GRUPOS:= 1.039 V:4= 0.001

DATA DA EXPERIENCIA: 10- 9-79 - CALIBRACAO PELO METODO DE WISCONSIN

G	D1	CPTO	TM1	D2	CPTO	TM2	D	MED	TM12	RES.V	L.E.	EMQ	L.E	EMQI	L.E.	ANGULO	I
1	0.975	59.7	15.0	0.983	59.7	14.9	0.979	14.9	0.001							0 57	59.03
2	0.977	59.7	15.1	0.983	59.7	15.0	0.980	15.1	0.000							1 0	0.31
3	0.979	59.8	15.1	0.984	59.7	15.1	0.981	15.1	-0.001	0.035	0.00	0.01	0.00	0.02		1 2	0.87

SENSIBILIDADE MEDIA DOS 3 GRUPOS:= 0.980 V:4= 0.000

DATA DA EXPERIENCIA: 10- 9-79 - CALIBRACAO PELO METODO DE WISCONSIN

G	D1	CPTO	TM1	D2	CPTO	TM2	D	MED	TM12	RES.V	L.E.	EMQ	L.E	EMQI	L.E.	ANGULO	I
1	0.975	59.7	15.0	0.983	59.7	14.9	0.979	14.9	-0.004							0 57	59.03
2	0.977	59.7	15.1	0.983	59.7	15.0	0.980	15.1	-0.005							1 0	0.31
3	0.972	59.7	15.2	0.960	59.8	15.2	0.966	15.2	0.009	0.035	0.00	0.01	0.01	0.02		1 2	1.84

SENSIBILIDADE MEDIA DOS 3 GRUPOS:= 0.975 V:4= 0.002

DATA DA EXPERIENCIA: 14- 9-79 - CALIBRACAO PELO METODO DE WISCONSIN

G	D1	CPTO	TM1	D2	CPTO	TM2	D	MED	TM12	RES.V	L.E.	EMQ	L.E	EMQI	L.E.	ANGULO	I
1	0.972	59.8	16.6	0.970	59.8	16.6	0.971	16.6	-0.001							0 57	59.65
2	0.966	59.5	16.7	0.966	59.4	16.7	0.966	16.7	0.004							0 59	59.97
3	0.974	59.3	16.6	0.972	59.3	16.6	0.973	16.6	-0.003	0.035	0.00	0.01	0.00	0.02		1 2	0.10

SENSIBILIDADE MEDIA DOS 3 GRUPOS:= 0.970 V:4= 0.001

DATA DA EXPERIENCIA: 12- 9-79 - CALIBRACAO PELO METODO DE WISCONSIN

G	D1	CPTO	TM1	D2	CPTO	TM2	D	MED	TM12	RES.V	L.E.	EMQ	L.E	EMQI	L.E.	ANGULO	I
1	0.968	59.8	16.4	0.973	59.8	16.5	0.971	16.5	-0.005							0 57	59.65
2	0.957	59.7	16.8	0.955	59.7	16.8	0.956	16.8	0.009							1 0	0.45
3	0.973	59.6	16.8	0.966	59.6	16.8	0.970	16.8	-0.004	0.035	0.00	0.01	0.01	0.02		1 2	0.63

SENSIBILIDADE MEDIA DOS 3 GRUPOS:= 0.965 V:4= 0.002

DATA DA EXPERIENCIA: 13- 9-79 - CALIBRACAO PELO METODO DE WISCONSIN

G	D1	CPTO	TM1	D2	CPTO	TM2	D	MED	TM12	RES.V	L.E.	EMQ	L.E	EMQI	L.E.	ANGULO	I
1	0.980	59.4	17.4	0.971	59.3	17.5	0.976	17.4	-0.007							0 58	0.14
2	0.973	59.4	17.2	0.965	59.4	17.2	0.969	17.2	-0.000							0 59	59.93
3	0.960	59.6	16.9	0.961	59.5	17.1	0.960	17.0	0.008	0.035	0.00	0.01	0.01	0.02		1 2	0.52

SENSIBILIDADE MEDIA DOS 3 GRUPOS:= 0.968 V:4= 0.002

DATA DA EXPERIENCIA: 4-10-79 - CALIBRACAO PELO METODO DE WISCONSIN

G	D1	CPTO TM1	D2	CPTO TM2	D MED	TM12	RES.V	L.E.	EMQ	L.E.	EMQI	L.E.	ANGULO	I
1	0.984	59.7	21.9	0.975	59.7	22.0	0.980	22.0	0.002				0 58	0.42
2	0.989	59.7	22.0	0.986	59.7	22.0	0.987	22.0	-0.006				1 0	1.98
3	0.982	59.7	22.0	0.974	59.7	22.0	0.978	22.0	0.004	0.035	0.00	0.01	0.01 0.02	1 2 1.63

SENSIBILIDADE MEDIA DOS 3 GRUPOS:= 0.982 V:4= 0.001

DATA DA EXPERIENCIA: 4-10-79 - CALIBRACAO PELO METODO DE WISCONSIN

G	D1	CPTO TM1	D2	CPTO TM2	D MED	TM12	RES.V	L.E.	EMQ	L.E.	EMQI	L.E.	ANGULO	I
1	0.981	60.1	22.7	0.980	60.2	22.6	0.980	22.7	-0.004				0 58	1.74
2	0.976	60.2	22.9	0.976	60.1	22.9	0.976	22.9	0.001				1 0	2.26
3	0.970	60.1	23.1	0.977	60.1	23.2	0.974	23.2	0.003	0.035	0.00	0.01	0.00 0.02	1 2 1.88

SENSIBILIDADE MEDIA DOS 3 GRUPOS:= 0.977 V:4= 0.001

DATA DA EXPERIENCIA: 9-10-79 - CALIBRACAO PELO METODO DE WISCONSIN

G	D1	CPTO TM1	D2	CPTO TM2	D MED	TM12	RES.V	L.E.	EMQ	L.E.	EMQI	L.E.	ANGULO	I
1	0.997	58.8	25.2	0.971	59.0	25.1	0.984	25.1	0.002				0 58	1.25
2	0.988	59.8	25.3	0.990	59.8	25.5	0.989	25.4	-0.003				1 0	0.56
3	0.980	59.6	26.0	0.991	59.7	25.9	0.985	26.0	0.001	0.035	0.00	0.01	0.00 0.02	1 2 1.95

SENSIBILIDADE MEDIA DOS 3 GRUPOS:= 0.986 V:4= 0.001

19) Para comprimento da bolha igual a 40 divisões

```

EXPERIENCIA REALIZADA EM:12- 7-78 # METODO DO CALIBRADOR
C SENSIB CPTO T.M. RES.V L.ERRO E.M.Q L.E EMQCI L.ERRO

1 1.0302 40.4 21.0 0.0027
2 1.0352 40.4 20.9 -0.0022
3 1.0252 40.6 20.9 0.0077
4 1.0412 40.6 20.7 -0.0082 0.0310 0.003 0.01 0.007 0.021
M= 1.0330 V MAX:5 = 0.00-----0.01
#####
EXPERIENCIA REALIZADA EM:17- 7-78 # METODO DO CALIBRADOR
C SENSIB CPTO T.M. RES.V L.ERRO E.M.Q L.E EMQCI L.ERRO

1 1.0338 40.2 21.1 0.0115
2 1.0524 39.3 21.0 -0.0070
3 1.0476 40.4 20.9 -0.0022
4 1.0477 40.5 20.8 -0.0023 0.0314 0.004 0.01 0.008 0.021
M= 1.0454 V MAX:5 = 0.00-----0.01
#####
EXPERIENCIA REALIZADA EM:18- 8-78 # METODO DO CALIBRADOR
C SENSIB CPTO T.M. RES.V L.ERRO E.M.Q L.E EMQCI L.ERRO

1 1.0378 39.9 20.4 -0.0055
2 1.0129 39.6 21.4 0.0195
3 1.0262 40.3 22.0 0.0062
4 1.0525 40.3 20.3 -0.0202 0.0310 0.008 0.01 0.017 0.021
M= 1.0323 V MAX:5 = 0.00-----0.01
#####
EXPERIENCIA REALIZADA EM: 6- 7-78 # METODO DO CALIBRADOR
C SENSIB CPTO T.M. RES.V L.ERRO E.M.Q L.E EMQCI L.ERRO

1 1.0192 43.4 21.4 -0.0039
2 1.0117 43.4 21.1 0.0036
3 1.0247 43.9 20.9 -0.0094
4 1.0057 43.6 21.1 0.0097 0.0305 0.004 0.01 0.008 0.020
M= 1.0153 V MAX:5 = 0.00-----0.01
#####

```

```

EXPERIENCIA REALIZADA EM:13- 7-78 # METODO DO CALIBRADOR
C SENSIB CPTO T.M. RES.V L.ERRO E.M.Q L.E EMQCI L.ERRO

1 1.0252 41.4 21.8 0.0014
2 1.0163 41.0 20.8 0.0103
3 1.0175 40.8 20.9 0.0091
4 1.0474 40.8 20.6 -0.0208 0.0308 0.007 0.01 0.014 0.021
M= 1.0266 V MAX:5 = 0.00-----0.01
#####
EXPERIENCIA REALIZADA EM:23- 8-78 # METODO DO CALIBRADOR
C SENSIB CPTO T.M. RES.V L.ERRO E.M.Q L.E EMQCI L.ERRO

1 0.9959 39.9 21.7 0.0229
2 1.0084 39.4 22.0 0.0104
3 1.0303 41.6 20.4 -0.0114
4 1.0407 42.1 20.0 -0.0219 0.0306 0.010 0.01 0.020 0.020
M= 1.0188 V MAX:5 = 0.00-----0.01
#####
EXPERIENCIA REALIZADA EM: 4- 7-78 # METODO DO CALIBRADOR
C SENSIB CPTO T.M. RES.V L.ERRO E.M.Q L.E EMQCI L.ERRO

1 1.0380 43.2 21.4 0.0047
2 1.0525 43.3 21.1 -0.0098
3 1.0352 42.8 22.0 0.0075
4 1.0452 42.9 21.9 -0.0025 0.0313 0.004 0.01 0.008 0.021
M= 1.0427 V MAX:5 = 0.00-----0.01
#####
EXPERIENCIA REALIZADA EM:11- 7-78 # METODO DO CALIBRADOR
C SENSIB CPTO T.M. RES.V L.ERRO E.M.Q L.E EMQCI L.ERRO

1 1.0534 39.5 22.0 -0.0081
2 1.0573 39.6 21.8 -0.0120
3 1.0176 39.9 21.7 0.0276
4 1.0528 40.0 21.5 -0.0075 0.0314 0.009 0.01 0.019 0.021
M= 1.0453 V MAX:5 = 0.01-----0.01
#####

```

```

EXPERIENCIA REALIZADA EM: 16- 8-78 * METODO DO CALIBRADOR
C  SENSIB  CPTO  T.M.  RES.V  L.ERRO  E.M.Q  L.E  EMQCI  L.ERRO
1  1.0074  49.2  19.1  0.0114
2  0.9936  50.4  19.8  0.0252
3  1.0456  49.7  20.1  -0.0267
4  1.0287  50.0  18.2  -0.0099  0.0306  0.011  0.01  0.023  0.020
M= 1.0188      V MAX:5 = 0.01-----0.01
#####
EXPERIENCIA REALIZADA EM: 1- 8-78 * METODO DO CALIBRADOR
C  SENSIB  CPTO  T.M.  RES.V  L.ERRO  E.M.Q  L.E  EMQCI  L.ERRO
1  0.9703  49.7  21.0  0.0247
2  1.0112  49.8  21.0  -0.0163
3  0.9846  50.0  20.9  0.0104
4  1.0138  50.0  20.7  -0.0188  0.0298  0.011  0.01  0.021  0.020
M= 0.9950      V MAX:5 = 0.00-----0.01
#####
EXPERIENCIA REALIZADA EM: 3- 8-78 * METODO DO CALIBRADOR
C  SENSIB  CPTO  T.M.  RES.V  L.ERRO  E.M.Q  L.E  EMQCI  L.ERRO
1  0.9776  49.4  21.3  0.0244
2  1.0292  49.2  21.3  -0.0272
3  0.9832  49.2  21.6  0.0189
4  1.0181  49.1  21.6  -0.0160  0.0301  0.013  0.01  0.025  0.020
M= 1.0020      V MAX:5 = 0.01-----0.01
#####
EXPERIENCIA REALIZADA EM: 2- 8-78 * METODO DO CALIBRADOR
C  SENSIB  CPTO  T.M.  RES.V  L.ERRO  E.M.Q  L.E  EMQCI  L.ERRO
1  0.9974  49.0  21.6  0.0150
2  1.0052  49.3  21.7  0.0072
3  1.0146  49.7  21.2  -0.0022
4  1.0325  49.4  21.6  -0.0201  0.0304  0.008  0.01  0.015  0.020
M= 1.0124      V MAX:5 = 0.00-----0.01
#####

```

EXPERIENCIA REALIZADA EM: 7- 8-78 # METODO DO CALIBRADOR
 C SENSIB CPTO T.M. RES.V L.ERRO E.M.Q L.E EMQCI L.ERRO

1 0.9867 49.5 22.8 0.0264
 2 1.0299 49.3 22.9 -0.0168
 3 1.0074 49.3 22.9 0.0057
 4 1.0283 49.3 22.9 -0.0152 0.0304 0.010 0.01 0.020 0.020
 M= 1.0131 V MAX:5 = 0.01-----0.01

#####

EXPERIENCIA REALIZADA EM:15- 9-78 # METODO DO CALIBRADOR
 C SENSIB CPTO T.M. RES.V L.ERRO E.M.Q L.E EMQCI L.ERRO

1 0.9995 48.9 23.0 0.0129
 2 1.0103 48.7 22.9 0.0022
 3 1.0016 50.0 23.1 0.0109
 4 1.0384 49.9 23.3 -0.0259 0.0304 0.009 0.01 0.018 0.020
 M= 1.0124 V MAX:5 = 0.01-----0.01

#####

EXPERIENCIA REALIZADA EM:28- 8-78 # METODO DO CALIBRADOR
 C SENSIB CPTO T.M. RES.V L.ERRO E.M.Q L.E EMQCI L.ERRO

1 1.0139 49.8 25.8 0.0001
 2 1.0428 49.3 24.8 -0.0288
 3 0.9845 49.4 24.1 0.0295
 4 1.0149 49.4 23.9 -0.0009 0.0304 0.012 0.01 0.024 0.020
 M= 1.0140 V MAX:5 = 0.01-----0.01

#####

EXPERIENCIA REALIZADA EM:18- 9-78 # METODO DO CALIBRADOR
 C SENSIB CPTO T.M. RES.V L.ERRO E.M.Q L.E EMQCI L.ERRO

1 0.9976 49.3 25.9 0.0109
 2 1.0257 49.1 25.9 -0.0172
 3 0.9916 50.2 25.8 0.0168
 4 1.0190 49.8 25.9 -0.0105 0.0303 0.008 0.01 0.016 0.020
 M= 1.0085 V MAX:5 = 0.00-----0.01

#####

```

EXPERIENCIA REALIZADA EM:14- 8-78 # METODO DO CALIBRADOR
C  SENSIB  CPTO  T.M.  RES.V  L.ERRO  E.M.Q  L.E  EMQCI  L.ERRO

1  0.9636  59.7  11.2  0.0114
2  0.9799  59.6  11.7  -0.0049
3  0.9664  60.3  11.9  0.0086
4  0.9902  60.3  12.0  -0.0151  0.0293  0.006  0.01  0.012  0.020
M= 0.9750      V MAX:5 = 0.00-----0.01
#####
EXPERIENCIA REALIZADA EM:21- 7-78 # METODO DO CALIBRADOR
C  SENSIB  CPTO  T.M.  RES.V  L.ERRO  E.M.Q  L.E  EMQCI  L.ERRO

1  0.9611  59.8  17.9  0.0032
2  0.9793  59.6  18.1  -0.0150
3  0.9691  59.4  18.3  -0.0048
4  0.9478  59.3  18.6  0.0165  0.0289  0.007  0.01  0.013  0.019
M= 0.9643      V MAX:5 = 0.00-----0.01
#####
EXPERIENCIA REALIZADA EM:31- 7-78 # METODO DO CALIBRADOR
C  SENSIB  CPTO  T.M.  RES.V  L.ERRO  E.M.Q  L.E  EMQCI  L.ERRO

1  0.9534  60.2  19.7  0.0100
2  0.9885  60.1  19.8  -0.0250
3  0.9498  60.5  19.3  0.0137
4  0.9622  60.3  19.6  0.0012  0.0289  0.009  0.01  0.017  0.019
M= 0.9635      V MAX:5 = 0.00-----0.01
#####
EXPERIENCIA REALIZADA EM:21- 8-78 # METODO DO CALIBRADOR
C  SENSIB  CPTO  T.M.  RES.V  L.ERRO  E.M.Q  L.E  EMQCI  L.ERRO

1  0.9941  59.5  19.8  -0.0159
2  0.9744  59.4  19.8  0.0038
3  0.9551  59.7  19.9  0.0231
4  0.9892  59.7  19.9  -0.0110  0.0293  0.009  0.01  0.018  0.020
M= 0.9782      V MAX:5 = 0.00-----0.01
#####

```

```

EXPERIENCIA REALIZADA EM:27- 7-78 # METODO DO CALIBRADOR
C SENSIB CPTO T.M. RES.V L.ERRO E.M.Q L.E EMQCI L.ERRO

1 0.9784 59.8 19.8 0.0027
2 1.0105 59.6 20.1 -0.0295
3 0.9663 59.2 20.7 0.0148
4 0.9691 59.1 21.1 0.0120 0.0294 0.010 0.01 0.020 0.020
M= 0.9811 V MAX:5 = 0.01-----0.01
#####
EXPERIENCIA REALIZADA EM:28- 7-78 # METODO DO CALIBRADOR
C SENSIB CPTO T.M. RES.V L.ERRO E.M.Q L.E EMQCI L.ERRO

1 0.9644 59.8 20.0 0.0190
2 1.0018 59.7 20.3 -0.0183
3 0.9950 59.3 20.8 -0.0115
4 0.9726 59.2 20.9 0.0108 0.0295 0.009 0.01 0.018 0.020
M= 0.9834 V MAX:5 = 0.00-----0.01
#####
EXPERIENCIA REALIZADA EM:23- 6-78 # METODO DO CALIBRADOR
C SENSIB CPTO T.M. RES.V L.ERRO E.M.Q L.E EMQCI L.ERRO

1 0.9785 61.0 21.2 0.0119
2 0.9958 61.1 21.1 -0.0053
3 0.9990 60.9 21.1 -0.0086
4 0.9884 60.9 21.1 0.0020 0.0297 0.005 0.01 0.009 0.020
M= 0.9904 V MAX:5 = 0.00-----0.01
#####
EXPERIENCIA REALIZADA EM:27- 7-78 # METODO DO CALIBRADOR
C SENSIB CPTO T.M. RES.V L.ERRO E.M.Q L.E EMQCI L.ERRO

1 0.9982 59.6 23.9 -0.0044
2 0.9939 59.3 23.9 -0.0002
3 0.9933 59.4 23.8 0.0005
4 0.9897 59.4 23.8 0.0040 0.0298 0.002 0.01 0.003 0.020
M= 0.9938 V MAX:5 = 0.00-----0.01
#####

```

APENDICE B

GRÁFICO 1

COMPRIMENTO DA BOLHA DO NÍVEL = 40 DIVISÕES

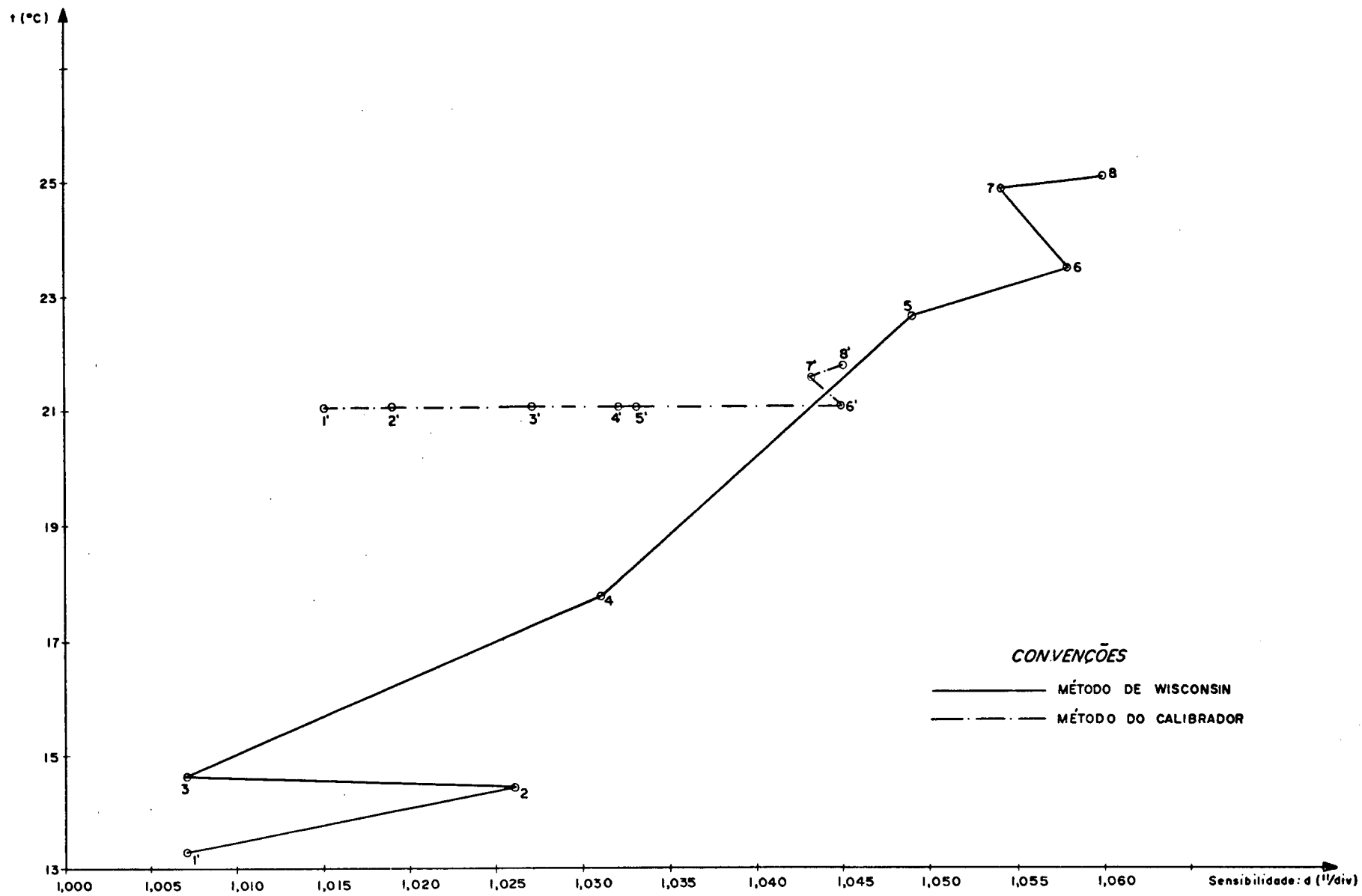


GRÁFICO 2

COMPRIMENTO DA BOLHA DO NÍVEL = 50 DIVISÕES

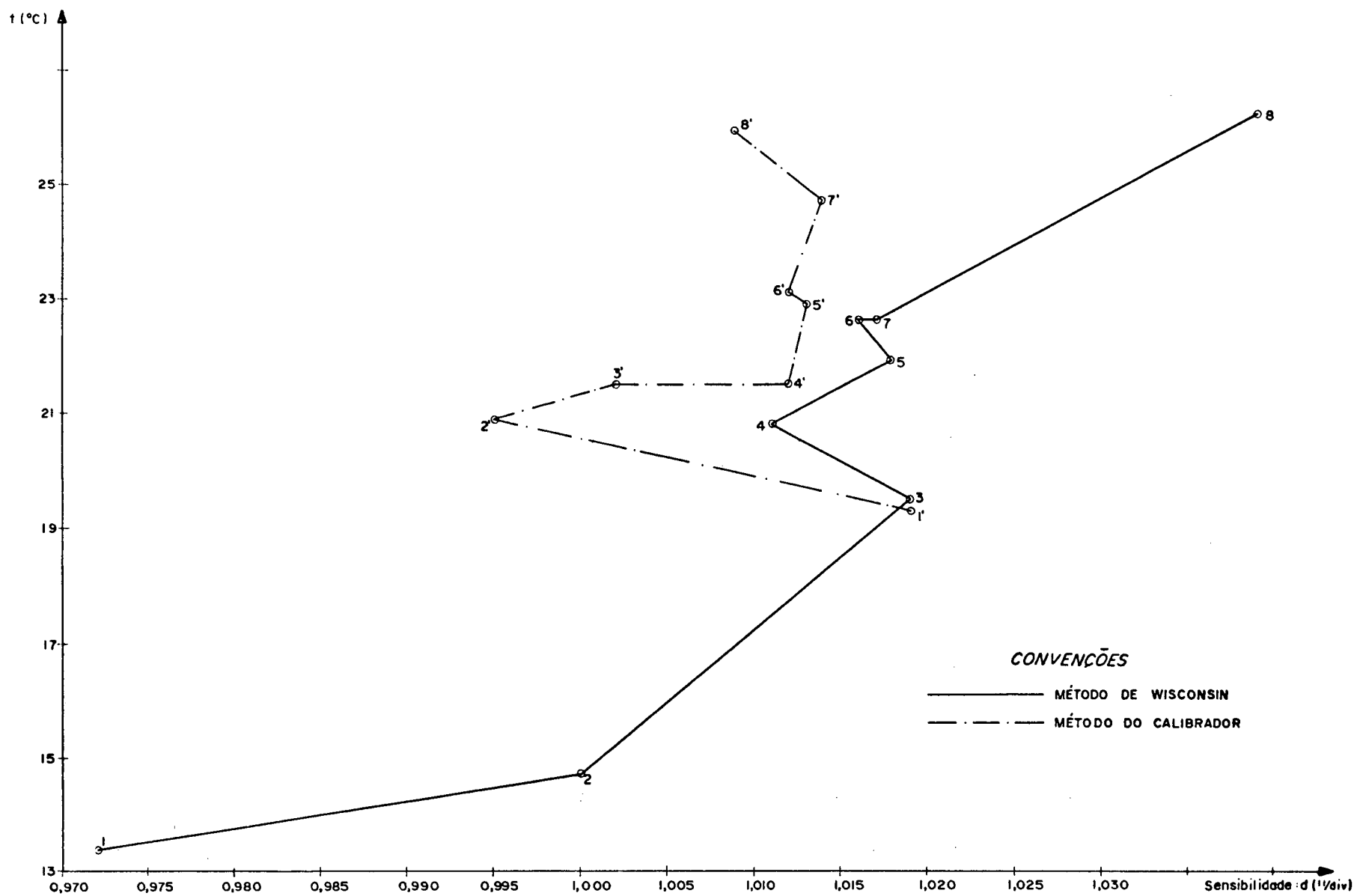
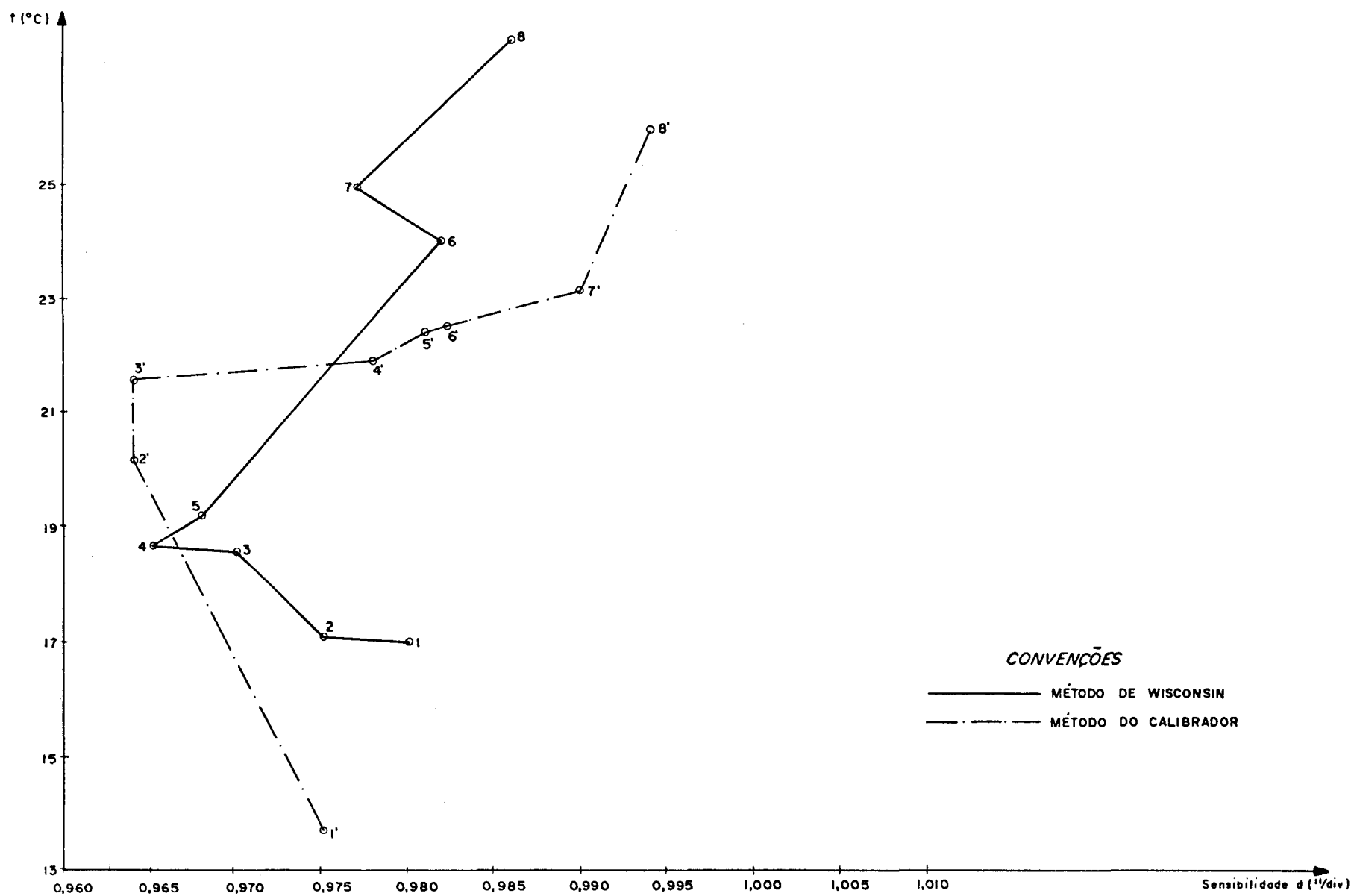


GRÁFICO 3

COMPRIMENTO DA BOLHA DO NÍVEL = 60 DIVISÕES



APÉNDICE C

PROGRAMA 1

```

00100 C      ***** CALIBRACAO DE NIVEL DE PRECISAO PELO METODO DE WISCONSIN
00200 C      ----- CADA EXPERIENCIA E' COMPOSTA DE 6 CONJUNTOS QUE DETERMINA UM
00300 C      GRUPO DE OBSERVACOES.
00400      DIMENSION XMOV(25),HORA(25),TEMP(25),DD(25),D(25),TMXY(6),FM(6)
00500      DIMENSION UM(3),VG(3),VVG(3),EL(4),IG(6),IH(6),XIS(6),ER(3)
00600      DIMENSION LCH(25),ESQ(25),DIR(25),COMPR(25),CENT(25),TH(6)
00700      DIMENSION DIFES(25),DIDIR(25),DIFM(25),DENTC(25),CORRE(25)
00800 C      NOTACOES DAS LEITURAS DOS ANGULOS DO NIVEL VERTICAL=C.V.:
00900 C      KCVA1 = NUMEROS DE GRAUS DA PRIMEIRA LEITURA DO C.V.
01000 C      KCVA2= NUMERO DE MINUTOS DA PRIMEIRA LEITURA DO C.V.
01100 C      CVA3= NUMERO DE SEGUNDOS DA PRIMEIRA LEITURA DO C.V. , ETC
01200      KONT1=0
01300      KAU2=0
01400      DO 100 KL=1,30
01500      KONT1=KONT1+1
01600      READ(2,301)KCVA1,KCVA2,CVA3,KCVB1,KCVB2,CVB3,KCVC1,KCVC2,CVC3
01700 301 FORMAT(3(I4,I3,F5.1))
01800 C      LEITURAS DO NIVEL DO C.V. ( E=LEIT. A ESQ., D=LEIT. A
01900 C      DIREITA
02000      READ(2,310)E1,D1,E2,D2,E3,D3
02100 310 FORMAT(6F5.1)
02200 C      SNCV = SENSIBILIDADE DO NIVEL DO C.V.
02300      SNCV=0.695
02400 C      TRANSF. DOS VALORES LIDOS DO C.V. EM GRAUS E FRACAO DE GR.
02500      CV1=CVA3/3600.+KCVA2/60.+KCVA1
02600      CV2=CVB3/3600.+KCVB2/60.+KCVB1
02700      CV3=CVC3/3600.+KCVC2/60.+KCVC1
02800 C      CALCULO DAS CORRECOES AOS VALORES LIDOS DO C.V.
02900      ED1=(E1-D1)*SNCV
03000      ED2=(E2-D2)*SNCV
03100      ED3=(E3-D3)*SNCV
03200 C      VALORES DO CV CORRIGIDOS
03300      CVT1=CV1+ED1/3600.
03400      CVT2=CV2+ED2/3600.
03500      CVT3=CV3+ED3/3600.
03600 C      MEDIA ENTRE A PRIMEIRA E SEG. INCLIN. DO C.V.
03700      CVM=(CVT1+CVT3)/2
03800 C      TRANSF. DA MEDIA DAS INCL. 1 E 2 EM GR.,MIN.E SEG.
03900      KCM=CVM
04000      YCVM=(CVM-KCM)*60.
04100      KAC=YCVM
04200      CVM=(YCVM-KAC)*60.
04300 C      CALCULO DO * I * (NOTADO COMO WI )
04400      WI=CVT1-CVM
04500 C      TESTE PARA VERIF. O SINAL DE WI E TORNA-LO POSITIVO
04600      IF(WI)320,321,321
04700 320 CONTINUE
04800      IF(WI+2)322,322,323
04900 322 WI=WI+360
05000      GOTO 321
05100 323 WI=-WI
05200 321 CONTINUE
05300 C      TRANSF. DOS VALORES DO C.V. CORRIGIDO PARA GR. MIN. E SEG.
05400      KA1=CVT1
05500      XBC=(CVT1-KA1)*60.
05600      KA2=XBC
05700      AA3=(XBC-KA2)*60.0
05800      KB1=CVT2
05900      XBD=(CVT2-KB1)*60.
06000      KB2=XBD
06100      BB3=(XBD-KB2)*60.
06200      KC1=CVT3
06300      XBD=(CVT3-KC1)*60.
06400      KC2=XBD
06500      CC3=(XBD-KC2)*60.
06600 C      CALCULO DAS DIFERENCAS ESQ.-DIR. (NOTADO COMO DIF.)
06700      DIF1=E1-D1
06800      DIF2=E2-D2
06900      DIF3=E3-D3
07000 C      TRANSF. DO ANGULO I, EM GR. MIN. E SEG.
07100      LWI=WI
07200      XWI=(WI-LWI)*60.
07300      MWI=XWI
07400      ZWI=(XWI-MWI)*60.
07500 C      TRANSF. DO ANGULO *I* EM RADIAND
07600      WI=(WI*3.141592654)/180.
07700      TANGI=SIN(WI)/COS(WI)
07800      CO=KL/3.
07900      KCO=CO
08000      TOFA=(CO-KCO)*3.1
08100 C      KAU = CONTADOR VARIÁVEL DE UM A TRES
08200 C      KAU2= CONTADOR VARIÁVEL DE *UM* A *SEIS*.
08300      KAU=TOFA
08400      IF(KAU)8,48,6
08500 8 KAU=KAU
08600      GOTO 8
08700 48 KAU=3
08800 8 DO 98 MP=1,2
08900      READ(2,7)IDIA,MFS,IAND
09000 7 FORMAT(3I2)
09100      READ(2,10)H
09200 10 FORMAT(12)

```

```

09300      READ(2,2)(LCH(I),I=1,N)
09400      2 FORMAT(2A1.3)
09500      READ(2,3)(HORA(I),I=1,N)
09600      3 FORMAT(26F6.2)
09700      READ(2,4)(TEMP(I),I=1,N)
09800      4 FORMAT(26F5.2)
09900      READ(2,5)(ESQ(I),I=1,N)
10000      READ(2,5)(DIR(I),I=1,N)
10100      5 FORMAT(26F5.1)
10200      XMOV(1)=0
10300      C      CALCULO DAS DIFERENCAS DA BOLHA:ESQ. E DIR.
10400      C      NOTACOES:
10500      C      DIFES=DIFERENCAS DAS LEITURAS DA ESQUERDA
10600      C      DIDIR=DIFERENCAS DAS LEITURAS DA DIREITA
10700      C      DIFM = DIF. MEDIA= MOVIMENTO DA BOLHA
10800      DIFES(1)=0.0
10900      DIDIR(1)=0.0
11000      DIFM(1)=0.0
11100      C      CALCULO DO DRIFT OU DERIVA
11200      C      SESQ=SEGUNDA LEITURA DO PRIM.VALOR DA ESQUERDA
11300      C      SDIR=SEGUNDA LEITURA DO PRIM.VALOR DA DIREITA
11400      READ(2,22)SESQ,SDIR
11500      22 FORMAT(2F5.1)
11600      DRIFT=((ESQ(1)+DIR(1))/2-(SESQ+SDIR)/2)
11700      DO 20 J=1,N
11800      DIFES(J+1)=ABS(ESQ(J+1)-ESQ(J))
11900      DIDIR(J+1)=ABS(DIR(J+1)-DIR(J))
12000      DIFM(J+1)=(DIFES(J+1)+DIDIR(J+1))/2.
12100      COMPR(J)=ABS(ESQ(J)-DIR(J))
12200      20 CENT(J)=(ESQ(J)+DIR(J))/2.
12300      C      CORRECAO DO CENTRO DA BOLHA
12400      CORRE(1)=0
12500      KAR=N-1
12600      DO 23 K=1,KAR
12700      23 CORRE(K+1)=DRIFT*K/N
12800      DO 21 J=1,N
12900      CENTC(J)=CENT(J)+CORRE(J)
13000      21 CONTINUE
13100      A=0
13200      B=0
13300      C=0
13400      E=0
13500      F=0
13600      T=0
13700      VV=0
13800      DO 35 I=1,N
13900      XMOV(I+1)=ABS(CENTC(I+1)-CENTC(I))
14000      T=T+TEMP(I)
14100      F=F+COMPR(I)
14200      A=A+LCH(I)*LCH(I)
14300      B=B+LCH(I)
14400      C=C+LCH(I)*CENTC(I)
14500      E=E+CENTC(I)
14600      35 CONTINUE
14700      KAUX2=KAUX2+1
14800      D(KAUX2)=(A-B*N/N)*60*TANGI/(C-B*N/N)
14900      IG(KAUX2)=LWI
15000      IM(KAUX2)=MWI
15100      XIS(KAUX2)=ZWI
15200      TM(KAUX2)=T/N
15300      FM(KAUX2)=F/N
15400      M=N-1
15500      SOMDD=0
15600      DO 18 J=1,M
15700      LELTA=IABS(LCH(J+1)-LCH(J))
15800      DELTA=LELTA
15900      C      CALCULO DA SENSIBILIDADE INDIVIDUAL
16000      DD(J)=120*TANGI/XMOV(J+1)
16100      18 SOMDD=SOMDD+DD(J)
16200      DMED=SOMDD/M
16300      C      DEFINICAO DA N-ESIMA S.I. APENAS PARA PREENCHIMENTO DO
16400      C      CAMPO
16500      DD(N)=DMED
16600      BOBA=0
16700      DO 19 J=1,M
16800      19 BOBA=BOBA+(D(KAUX2)-DD(J))**2
16900      C      SIGMA = ERRO MEDIO QUADRATICO DO CONJUNTO
17000      SIGMA=SQRT(BOBA/(N*M))
17100      LTEMP=HORA(N)
17200      XTEMP=HORA(N)-LTEMP
17300      XTAP=XTEMP/60.*100.0
17400      TEMFN=LTEMP+XTAP
17500      KTEMP=HORA(1)
17600      YTEMP=HORA(1)-KTEMP
17700      YTAP=YTEMP/60.*100.0
17800      TEMF1=KTEMP+YTAP
17900      QTEMP=TEMFN-TEMF1
18000      ITEMP=QTEMP
18100      TEMFU=(QTEMP-ITEMP)*60.0
18200      GOTO 99
18300      WRITE(3,9)
18400      9 FORMAT(1H1)
18500      WRITE(3,15)
18600      15 FORMAT(21X'CALIBRACAO DE NIVEL DE PRECISAO 3X'-3X'METODO DE
18700      1WISCONSIN')

```

```

18000 WRITE(3,605)
18100 605 FORMAT(4X,91(' '))
19000 WRITE(3,332)
19100 332 FORMAT(39X,'NIVEL DO C.V. ')
19200 WRITE(3,333)
19300 333 FORMAT(19X,'LEITURA DO C.V. '6X'ESQ.'6X'DIR.'6X'E-D'7X,'(E-D).D'4X,
19400 *'C.V. CORRIGIDO')
19500 WRITE(3,336)NCVA1,NCVA2,CVA3,E1,D1,DIF1,F01,KA1,FA2,AA3
19600 WRITE(3,337)NCV81,NCV82,CV83,E2,D2,DIF2,ED2,KD1,AK2,BK3
19700 WRITE(3,338)NCVC1,NCVC2,CVC3,E3,D3,DIF3,ED3,KC1,KC2,CC3
19800 336 FORMAT(4X'NIVELADO' = *'2I4,F7.2,4(2X,'*'2X,F5.2),2X*'2X,2I4,F7
19900 *.2,2X
20000 *'*)
20100 337 FORMAT(4X'INCL.LEIT.1 = *'2I4,F7.2,4(2X,'*'2X,F5.2),2X*'2X,2I4,F7
20200 *.2,2X
20300 1'*)
20400 338 FORMAT(4X'INCL.LEIT.2 = *'2I4,F7.2,4(2X,'*'2X,F5.2),2X*'2X,2I4,F7
20500 *.2,2X
20600 2'*)
20700 WRITE(3,334)NCVM,KAC,CVMT
20800 334 FORMAT(4X,'MEDIA DAS LEITURAS 1 E 2 COM O INSTRUMENTO INCLINADO '
20900 *23(' ',I3,I4,F7.2)
21000 WRITE(3,340)LWI,MWI,ZWI
21100 340 FORMAT(77X,'I' = 'I3,I4,F7.2)
21200 WRITE(3,25)
21300 25 FORMAT(2X,'C.H.',2X'HORA'3X'TEMP'3X'ESQ'4X'DIR',4X'COMPR',2
21400 1X'DF.E.,2X'DF.D'2X'DF.M'2X'CENT'4X'CORR.'1X'CTR.COR.
21500 1'2X'NOV.'4X'S.I.')
21600 WRITE(3,30)(LCH(I),HORA(I),TEMP(I),ESQ(I),DIR(I),COMPR(I),
21700 1 DIFES(I),DIDIR(I),DIFM(I),CENT(I),CORRE(I),CENTC(I),XNOV(I),
21800 1 DB(I),I=1,N)
21900 30 FORMAT(14,F7.2,4F7.1,F6.1,F7.1,3F7.2,F8.2,F8.2,F10.5)
22000 WRITE(3,341)LCH(1),SESQ,SDIR,DRIFT
22100 341 FORMAT(14,17X,F4.1,3XF4.1,3X'DRIFT='F5.2)
22200 WRITE(3,52)N,DMED
22300 52 FORMAT(1X,'N=' ,I2,81X'DMED ='F7.5)
22400 WRITE(3,60)
22500 60 FORMAT(19X,60(' '))
22600 66 FORMAT(19X,'*',58X,'*')
22700 WRITE(3,55)IDIA,MES,IANO,KAUX,M2
22800 55 FORMAT(19X*' ',9X'DATA DA EXPERIENCIA'3X,I2,'-'I2,'-'I2,3X,'I' NUM.
22900 *'I2.',I1,5X,'*')
23000 WRITE(3,61)D(KAUX2)
23100 61 FORMAT(19X,9(' ')),6X'SENSIBILIDADE D='F12.8,8X,9(' '))
23200 WRITE(3,53)SIGMA
23300 53 FORMAT(19X*' ',9X'ERRO MEDIO QUADRATICO NA DET.DE *D*='F10.8,3X'*)
23400 WRITE(3,62)FM(KAUX2)
23500 62 FORMAT(19X,'*',9X,'COMPR.MEDIO DA BOLHA ='F4.1,' DIVISOES'14X,'*')
23600 WRITE(3,64)TM(KAUX2)
23700 64 FORMAT(19X,'*',9X,'TEMPERATURA MEDIA TM='F4.1,2X,'GRAUS CENTIGRADO
23800 *S'5X'*)
23900 WRITE(3,65)TEMPO
24000 65 FORMAT(19X*' ',9X'DURACAO DA DETERM. 'F5.1' MINUTOS.'16X,'*')
24100 WRITE(3,77)
24200 77 FORMAT(19X,60(' '))
24300 99 CONTINUE
24400 IF(KAUX-3)100,29,100
24500 29 DM6=0
24600 DO 101 I=1,6
24700 101 DM6=DM6+D(I)
24800 DM6=DM6/6.
24900 C CALCULO DO ERRO MEDIO QUADRATICO DA MEDIA
25000 C NOTACOES
25100 C DM1,DM2,DM3: MEDIAS ENTRE OS CONJ. 1 E 2, 3 E 4, 5 E 6 RESPECT.
25200 C VG = RESIDUO DA MEDIAS DOS 'DM'S EM RELACAO A MEDIA DOS 6 CONJ.
25300 C VVG = QUADRADOS DOS RESIDUOS
25400 C SOMA= SOMA DOS QUADRADOS DOS RESIDUOS
25500 C EMQ = ERRO MEDIO QUADRATICO
25600 C EMQI=ERRO MEDIO QUADR. DO GRUPO ISOLADO
25700 C SOMA=0
25800 DO 400 I=1,3
25900 DM(I)=(D(2*I-1)+D(2*I))/2
26000 TMXY(I)=(DM(2*I-1)+TM(2*I))/2
26100 VG(I)=DM6-DM(I)
26200 VVG(I)=VG(I)*VG(I)
26300 400 SOMA=SOMA+VVG(I)
26400 EMQ=SQRT(SOMA/6)
26500 EMQI=EMQ*SQRT(3.)
26600 C CALCULO DO LIMITE DE ERRO DO EPGI
26700 C EL = ERRO LIMITE DO EPGI
26800 EL(4)=DM6*0.01*SQRT(3.)
26900 ER(3)=2.0*0.01*SQRT(3.)
27000 419 FORMAT(/,4X,95(' '))
27100 WRITE(3,104)IDIA,MES,IANO
27200 104 FORMAT(1X'DATA DA EXPERIENCIA:'I3,'-'I2,'-'I2' - CALIBRACAO PELO
27300 1 METODO DE WISCONSIN')
27400 WRITE(3,105)
27500 105 FORMAT(1X'G'2X'D1'4X'CPTO'1X'TH1'4X'D2'3X'CPTO'1X'TH2'3X'D MED
27600 *'2X'TH12'2X'RES.U'3X'L.E.'2X'EMQ'2X'L.E'3X'EMQI'
27700 *1X'L.E.'3X'ANGULO I')
27800 WRITE(3,420)D(1),FM(1),TM(1),D(2),FM(2),TM(2),DM(1),TMXY(1)
27900 *,VG(1),IG(1),IM(1),XIS(1),D(3),FM(3),TM(3)
28000 *,D(4),FM(4),TM(4),DM(2),TMXY(2),VG(2),IG(3)
28100 *,IM(3),XIS(3),D(5),FM(5),TM(5),D(6),FM(6),TM(6),DM(3),TMXY(3)
28200 *,VG(3),ER(3),EMQ,EMQI,EL(4),IG(5),IM(5),XIS(5)

```

```

28300      420      FORMAT(1X'1'F6.3,1X,2F5.1,F6.3,F6.1,F5.1,F7.3,F6.1,F7.3,29X,
28400      *I4,I3,F6.2/1X'2'F6.3,1X,2F5.1,F6.3,F6.1,F5.1,F7.3,F6.1,F7.3
28500      *,29X,I4,I3,F6.2/1X'3'F6.3,1X,2F5.1,F6.3,F6.1,F5.1,F7.3,F6.
28600      *1,2F7.3,F6.2,1X'0.01'F6.2,F5.2,I4,I3,F6.2)
28700      C      TESTE PARA ESCOLHER O MAIOR RESIDUO
28800      IF(VG(1)-VG(2))521,521,522
28900      522      TRE=VG(1)
29000      VG(1)=VG(2)
29100      VG(2)=TRE
29200      521      IF(VG(2)-VG(3))523,523,524
29300      524      TR0=VG(2)
29400      VG(2)=VG(3)
29500      VG(3)=TR0
29600      523      VG4=VG(3)/4.
29700      WRITE(3,421)DM6,VG4
29800      421      FORMAT(1X'SENSIBILIDADE MEDIA DOS 3 GRUPOS:='F8.3,2X'V:4='F7.3)
29900      WRITE(3,425)
30000      425      FORMAT(1X,98('X'))
30100      KAU2=0
30200      IF(KONT1-15)100,102,102.
30300      102      WRITE(3,103)
30400      103      FORMAT(1H1)
30500      KONT1=0
30600      100 CONTINUE
30700      CALL EXIT
30800      END

```


PROGRAMA 2

```

00100 C----- CALIBRACAO FELO METODO DO CALIBRADOR
00200 DIMENSION XMOV(25),HORA(25),TEMP(25),DU(25),D(25),XLMD(25)
00300 DIMENSION ESQ(25),DIR(25),COMPR(25),CENT(25),DIFES(25),DIDIR(25)
00400 DIMENSION FM(4),TM(4),XLMA(25),DIFM(25),VF(4),UH(4),VVF(4)
00500 C----- NCONJ=CONTADOR DO NUMERO DE CONJUNTOS
00600 C----- CADA EXPERIMENTO E COMPOSTO POR 4 CONJUNTOS
00700 ICON1=0
00800 NCONJ=100
00900 DO 100 KL=1,NCONJ
01000 ICON1=ICON1+1
01100 READ(2,7)IDIA,MES,IANO
01200 7 FORMAT(3I2)
01300 CO=KL/4.
01400 KCO=CO
01500 TOPA=(CO-KCO)*4.1
01600 KAUX=TOPA
01700 C----- KAUX=CONTADOR QUE VARIA DE UM A QUATRO
01800 IF(KAUX)6,48,6
01900 6 KAUX=KAUX
02000 GOTO 8
02100 48 KAUX=4
02200 8 CONTINUE
02300 READ(2,1)N
02400 1 FORMAT(13)
02500 READ(2,2)(XLMD(I),I=1,N)
02600 2 FORMAT(13G)
02700 READ(2,3)(HORA(I),I=1,N)
02800 3 FORMAT(13G)
02900 READ(2,4)(TEMP(I),I=1,N)
03000 4 FORMAT(16G)
03100 READ(2,5)(ESQ(I),I=1,N)
03200 READ(2,5)(DIR(I),I=1,N)
03300 5 FORMAT(16G)
03400 C----- CALCULO DAS DIF. DA BOLHA: ESQ. E DIR.
03500 C----- NOTACOES:
03600 C DIFES= DIF. DAS LEITURAS DA ESQUERDA
03700 C DIDIR= DIF. DAS LEITURAS DA DIREITA
03800 C DIFM= DIF. MEDIA = MOVIMENTO DA BOLHA
03900 DIFES(1)=0.
04000 DIDIR(1)=0.
04100 DIFM(1)=0.
04200 C----- W=COMPR.LONGIT.DA BARRA DO CALIBRADOR
04300 W=612.0
04400 SENUS=4.8481368E-06
04500 AA=ATAN(XLMD(1)/W)/SENUS
04600 DO 20 J=1,N
04700 DIFES(J+1)=ABS(ESQ(J+1)-ESQ(J))
04800 DIDIR(J+1)=ABS(DIR(J+1)-DIR(J))
04900 DIFM(J+1)=ABS(DIFES(J+1)+DIDIR(J+1))/2.
05000 XLMA(J)=ABS((ATAN(XLMD(J)/W)/SENUS)-AA)
05100 COMPR(J)=ABS(ESQ(J)-DIR(J))
05200 CENT(J)=(ESQ(J)+DIR(J))/2.
05300 20 A=0.
05400 B=0.
05500 C=0.
05600 D(KAUX)=0.
05700 E=0.
05800 F=0.
05900 T=0.
06000 VV=0.
06100 DO 35 I=1,N
06200 XMOV(I+1)=ABS(CENT(I+1)-CENT(I))
06300 T=T+TEMP(I)
06400 F=F+COMPR(I)
06500 A=A+XLMA(I)*XLMA(I)
06600 B=B+XLMA(I)
06700 C=C+XLMA(I)*CENT(I)
06800 35 E=E+CENT(I)
06900 D(KAUX)=ABS((A-B*N)/(C-B*N))
07000 FM(KAUX)=F/N
07100 TM(KAUX)=T/N
07200 M=N-1
07300 SOMDD=0.
07400 DO 18 J=1,M
07500 DELTA=ABS(XLMA(J+1)-XLMA(J))
07600 DD(J)=DELTA/XMOV(J+1)
07700 18 SOMDD=SOMDD+DD(J)
07800 DMED=SOMDD/M
07900 C----- DEF.DA N-ESIMA LINHA P/ PREENCHIMENTO DO CAMPO
08000 DD(N)=DMED
08100 HORA=0.
08200 DO 19 J=1,M
08300 19 HORA=HORA+(D(KAUX)-DD(J))*2
08400 FM=SQRT(HORA/(M*N))
08500 DO 36 J=1,N
08600 36 VV=(F-COMPR(J))*24/VV
08700 DF=SQRT(VV/(M))
08800 LTEMP=HORA(N)
08900 XTEMP=HORA(N)-LTEMP
09000 XTEMP=XTEMP/50.*100.0
09100 TTEMP=LTEMP-XTEMP
09200 XTEMP=HORA(1)

```

```

09500      YTEMP=HORA(1)-ATEMP
09600      YTAPE=YTEMP/60.*100.0
09700      TEMPI=ATEMP+YTAPE
09800      QTEMP=TEMPI-TEMP1
09900      ITEMP=QTEMP
09900      TEMPO=(QTEMP-ITEMP)*60.0
10000      GO TO 432
10100      14      WRITE(3,14)
10200      FORMAT(1H1)
10300      15      WRITE(3,15)
10400      *      FORMAT(26X'CALIBRACAO DE NIVEL DE PRECISAO ATRAVES DO
10500      *      CALIBRADOR')
10600      25      WRITE(3,25)
10700      *      FORMAT(6X'L.M.D'4X'L.M.A'5X'HORA'4X'TEMP'4X'ESQ.'4X'DIR.'
10800      *      4X'COMPR'4X'CTRO'4X'DF.E'3X'DF.D'3X'DF.M'5X'S.I.')
10900      *      WRITE(3,30)(XLMD(I),XLMA(I),HORA(I),TEMP(I),ESQ(I),DIR(I),
11000      *      COMPR(I),CENT(I),DIFES(I),DIR(I),XMOV(I),DD(I),I=1,N)
11100      30      FORMAT(2X,2F9.3,F9.2,3F8.1,F9.1,F8.1,2F7.1,F8.2,F10.4)
11200      52      WRITE(3,52)N,DHED
11300      52      FORMAT(6X,'N='I2,63X'SENSIBILIDADE MEDIA ='F8.4)
11400      60      WRITE(3,60)
11500      66      FORMAT(/,10X,70(' '))
11600      66      FORMAT(19X,'*'68X'*)
11700      55      WRITE(3,55)IDIA,MES,IANO,KAUX
11800      *      FORMAT(19X,'*9X'DATA DA EXPERIENCIA'5X,I2'-'I2'-'I2,15X
11900      *      'POSICAO'I2,3X'*)
12000      61      WRITE(3,61)D(KAUX)
12100      *      FORMAT(19X,'*8('-''),12X'SENSIBILIDADE D ='F8.4,15X,8('-''),
12200      *      '*)
12300      53      WRITE(3,53)EMQ
12400      *      FORMAT(19X,'*9X'ERRO MEDIO QUADRATICO NA DET. DE *D*='
12500      *      F6.4,16X'*)
12600      62      WRITE(3,62)FM(KAUX)
12700      62      FORMAT(19X,'*9X'COMPR.MEDIO DA BOLHA ='F5.2,32X'*)
12800      64      WRITE(3,64)TM(KAUX)
12900      *      FORMAT(19X,'*9X'TEMPERATURA MEDIA T.M.='F4.1' GRAUS CENT.'
13000      *      20X'*)
13100      77      WRITE(3,77)
13200      432      FORMAT(19X,70(' '))
13300      29      CONTINUE
13400      IF(KAUX-4)100,29,100
13500      29      DM4=0.
13600      101      DO 101 I=1,KAUX
13700      101      DM4=DM4+D(I)
13800      C      DM4=DM4/4.
13900      C      VF=MODULOS DOS RESIDUOS
14000      C      VH=RESIDUOS DAS SENSIB. EM RELACAO A MEDIA
14100      C      SVV=0.
14200      C      DO 108 I=1,4
14300      C      VF(I)=DM4-D(I)
14400      C      VVF(I)=VF(I)*VF(I)
14500      C      VH(I)=VF(I)
14600      C      VF(I)=ABS(VF(I))
14700      108      SVV=SVV+VVF(I)
14800      C      CALCULO DO ERRO MEDIO QUADRATICO DA MEDIA
14900      C      SIGMA=SQRT(SVV/12.)
15000      C      CALCULO DO ERRO MEDIO QUADR. DO CONJUNTO ISOLADO
15100      C      SIGI=SIGMA*2.
15200      C      CALC. DA TOLERANCIA DE ERRO P/ O E.M.Q. DO CONJ.ISOLADO
15300      C      TOL=0.01*DM4*2.
15400      C      CALCULO DA TOLERANCIA DE ERRO PARA OS RESIDUOS
15500      C      TOLR=1.5*TOL
15600      C      TESTE PARA ESCOLHER O MAIOR RESIDUO
15700      C      DO 102 I=1,3
15800      C      IF(VF(I)-VF(I+1))102,102,103
15900      103      TROCA=VF(I)
16000      C      VF(I)=VF(I+1)
16100      C      VF(I+1)=TROCA
16200      C      TESTE PARA REJEICAO DE OBSERVACOES-RESIDUOS
16300      C      ELIM=VF(4)-0.003
16400      102      IF(ELIM-TOLR)102,102,100
16500      C      CONTINUE
16600      C      TOLV=VF(4)/5.
16700      C      O MAIOR RESIDUO DIV. POR 5 (TOLV) DEVE SER MENOR QUE 0.01
16800      112      WRITE(3,112)IDIA,MES,IANO
16900      *      FORMAT(25X,'EXPERIENCIA REALIZADA EM:'I2'-'I2'-'I2' *
17000      *      1METUNO DO CALIBRADOR')
17100      113      WRITE(3,113)
17200      *      FORMAT(22X'C'2X'SENSIB'2X'CTO'2X'T.M.'2X'RES.V'3X'L.ERRO'
17300      *      12X'E.M.Q'2X'L.E'3X'EMQCI'1X'L.ERRO')
17400      114      WRITE(3,114)(I,D(I),FM(I),TM(I),VH(I),I=1,4),TOLR,SIGMA,SIGI,TOL
17500      *      FORMAT(4C/22X,11,F8.4,F6.1,F6.1,F8.4)F8.4,F7.3,2X'0.01'2F7.3)
17600      115      WRITE(3,115)DM4,TOLV
17700      *      FORMAT(22X'M='F7.4,5X'V MAX:5 ='F6.2,17('-'')'0.01')
17800      116      WRITE(3,116)
17900      *      FORMAT(22X,64(' '))
18000      104      IF(ICONT-16)100,104,104
18100      105      WRITE(3,105)
18200      *      FORMAT(1H1)
18300      100      ICONT=0
18400      CONTINUE
18500      CALL EXIT
18600      END

```

NOTAS DE REFERÊNCIAS

- |⁰¹| GEMAEL, Camil. Elementos de trigonometria esférica. Curitiba, Universidade Federal do Paraná, Setor de Tecnologia, DAST, 1978. p.3:07.
- |⁰²| ESTADOS UNIDOS. Department of the Army. Precise astronomic surveys. Washington, D.C. 1970. p.2-8.
- |⁰³| ESTADOS UNIDOS, p.3-3.
- |⁰⁴| GEMAEL, Camil. Geodésia elementar. Curitiba, Universidade Federal do Paraná. Diretório Acadêmico de Engenharia do Paraná, 1959. p.112/116.
- |⁰⁵| ESTADOS UNIDOS, p.3-4.
- |⁰⁶| GEMAEL, Camil. Formulário e tabelas. Curitiba, Universidade Federal do Paraná, Setor de Tecnologia. Curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas, 1974. p.46.
- |⁰⁷| GEMAEL, Camil. Formulário e tabelas. p.46..
- |⁰⁸| ESTADOS UNIDOS, p.3-5.
- |⁰⁹| BARNES, Gordon Lawrence. A determination of the effect of bubble length and position on the value of one division of the wild T-4 suspension level. Columbus, 1966. p.16/19.
- |¹⁰| MUELLER, Ivan I. Spherical and practical astronomy; as applied to geodesy. New York, Frederick Ungar Publishing, 1969. p.279
- |¹¹| MUELLER, p.279.
- |¹²| MUELLER, p.279.
- |¹³| KREYSZIG, Erwin. Introductory mathematical statistics; principle and methods. New York, John Wiley & Sons, 1970. p.209/211.
- |¹⁴| KREYSZIG, p.454.
- |¹⁵| KREYSZIG, p.215/217.
- |¹⁶| KREYSZIG, p.455.
- |¹⁷| BARNES, p.23.
- |¹⁸| MUELLER, p.279.
- |¹⁹| BARNES, p.23.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARNES, Gordon Lawrence. A determination of the effect o bubble length and position on the value of one division of the wild T-4 suspension level. Columbus, 1966. 104 pag. Thesis for the Degree Master of Science. The Ohio State University.
- BOMFORD, G. Geodesy. 3rd ed. Oxford, At the Clarendon Press, 1975. 709pag.
- ESTADOS UNIDOS. Department of the Army. Precise astronomic surveys. Washington, D.C. 1970. 242 pag.
- GEMAEL, Camil. Geodésia elementar. Curitiba, Universidade Federal do Paraná. Diretório Acadêmico de Engenharia do Paraná, 1959. 246 pag.
- _____. Formulário e tabelas. Curitiba, Universidade Federal do Paraná. Setor de Tecnologia. Curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas, 1974. 140 pag.
- _____. Elementos de trigonometria esférica. Curitiba, Universidade Federal do Paraná, Setor de Tecnologia, DAST, 1978. 80 pag.
- KREYSZIG, Erwin. Introductory mathematical statistics; principles and methods. New York, John Wiley & Sons, 1970. 467 pag.
- MUELLER, Ivan I. Spherical and practical astronomy; as applied to geodesy. New York, Frederick Ungar Publishing, 1969. 608 pag.